UNIVERSAL LIBRARY
OU_220470
UNIVERSAL LIBRARY

OSMANIA UNIVERSITY LIBRARY

Call No. Accession No.

Author

Title

This book should be returned on or before the date last marked below.

Deutsche Forschung

Aus der Arbeit der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft

(Deutsche Forschungsgemeinschaft)

Heft 9



Landwirtschaftswissenschaft

(Vorträge vor Reichstagsmitgliedern im Frühjahr 1929)

Verlag der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft

Für den Buchhandel durch Karl Siegismund Verlag Berlin

1 9 2 9



Herrosé & Ziemsen GmbH., Wittenberg (Bez. Halle)

Die Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft hat in Verfolgung ihres Zieles, der nationalen Wirtschaft durch Erforschung wissenschaftlicher Grundlagen im Wege der Gemeinschaftsarbeit bester Forscher zu dienen, auch auf landwirtschaftlichem Gebiete grundlegende Forschungen einzuleiten gesucht. Das vorliegende Heft gibt einzelne Vorträge wieder, die hier vorbereitend wirken sollen und auf Wunsch maßgebender Kreise des Reichstags in dessen Räumen im Frühjahr 1929 gehalten sind. Das gleichzeitig veröffentlichte Heft 8 der Deutschen Forschung strebt zu gleichem Ziel, wenn auch bei der Unbekanntschaft und Weitschichtigkeit der Pflanzenernährungsfragen der praktische Erfolg nicht sogleich erkennbar hervortritt und der Weg des Fortschritts erst allmählich gefunden werden kann. Ohne den Mut der Inangriffnahme solcher Forschungen würden wir dauernd im Dunkeln tappen. So darf hier auch auf die in Heft 2 der Deutschen Forschung abgedruckten Denkschriften Nr. 11—13 Bezug genommen werden, wenn sie auch noch vielfacher Ergänzung bedürfen.

Den Vorträgen dieses Heftes sind des Zusammenhangs halber auf S. 44 ff. und 80 ff. zwei einschlägige Aufsätze beigefügt, obwohl sie nicht Gegenstand mündlichen Vortrages gewesen sind.

F. Schmidt-Ott

Inhalt

Chemie und Landwirtschaft

Von Professor Dr. F. Haber, Berlin-Dahlem

Die Ehre, als erster heute vor Ihnen, meine Herren, zu sprechen, verdanke ich dem Umstande, daß ich vor 20 Jahren ein Stück von der Arbeit getan habe, durch die sich in den letzten Jahrzehnten die Chemie der Landwirtschaft besonders nützlich gemacht hat. Mein Fach ist eine große Firma, die für den landwirtschaftlichen Konsumenten schöne Kleider macht, und auf mir sollen sie rasch im Vorübergehen zur Ausstellung kommen. Ich fürchte mich vor dem naheliegenden Mißverständnis, daß ein bißchen Unterstützung der Wissenschaft von Ihrer Seite eine neue landwirtschaftliche bedeutsame Industrie als Ausfluß wissenschaftlicher Leistung erwarten läßt und womöglich auf diese Weise die Nöte beseitigt, unter denen unsere Landwirtschaft leidet. Soweit mein Verständnis und meine Informationen reichen, für die ich landwirtschaftlich sachkundigen Freunden großen Dank schulde, kann diesen Nöten nur durch wirtschaftliche Maßnahmen geholfen werden, die letzten Endes darauf hinauskommen, daß wir unseren deutschen Landwirten alles in allem genommen für die Substanz unserer Nahrung im Jahre 3 Milliarden Mark mehr bezahlen, als wenn wir die gesamte Substanz zu den heutigen Weltmarktpreisen draußen im Auslande kauften. Es scheint mir, daß man bei der unbeschreiblichen Bedeutung einer gedeihenden Landwirtschaft in unserem Vaterlande dem Versuch nicht wird ausweichen können, diese 3 Milliarden aus dem Zwischenhandel herauszuziehen[1]), um sie dem landwirtschaftlichen Erzeuger zuzuführen, und jedenfalls meine ich, daß man das erst versuchen muß, ehe man sich entschließt, die Landwirtschaft bei uns den Weg gehen zu lassen, den sie schon vor Jahrzehnten in England gegangen ist. Aber wenn man es versucht, so muß man sich klar sein, daß diese Milliarden letzten Endes eine Vorbelastung sind, die auf unserer Wirtschaft, und speziell unserer industriellen Wirtschaft, liegt, und man muß das tun, was irgend möglich ist, um diese Belastung zu erleichtern.

[1]) Der von unserer Jahreskonsumption von 18 Milliarden anscheinend ebensoviel wie der Erzeuger also 50% d. i. 9 Milliarden zieht.

Dazu mag es mancherlei organisatorische Möglichkeit geben, die nicht in den Rahmen meiner Kenntnis fällt, aber sicher scheint mir, daß eine eindringlichere Pflege der Wissenschaft eine sehr nützliche Beihilfe ist. Zwei Generationen lang ist die Intelligenz der Nation bevorzugt in Arbeitskreise hineingegangen, die der Industrie angehören, und jetzt ist es Zeit, nachdrücklicher wie bisher sie den landwirtschaftlichen Aufgaben zuzuführen.

Eine ganze Menge geschieht auf dem chemischen Gebiete von seiten der Düngerindustrie. Aber da sie Produzentin ist, so kann sie den Verdacht der Parteilichkeit nicht restlos von sich weisen, und das unparteiliche Urteil ist dringend der wissenschaftlichen Entwicklung bedürftig. Ich erinnere an die statistischen Ernteergebnisse aus der Vorkriegszeit und aus der Nachkriegszeit und an die Irrtümer, die Römer[1]) darin nachgewiesen hat. Aber es ist doch übriggeblieben, daß unsere Ernten bestenfalls gerade an die Vorkriegsernten herankommen, und die Freunde des Chilisalpeters haben den warnenden Finger des Propheten erhoben, um in diesem Sachverhalte den Zorn Gottes aufzuzeigen, darüber, daß wir unseren Stickstoff machen und nicht mehr ihre chilenische Exportware benutzen.

Ist das ein Stück Gotteswahrheit aus dem Munde der Importeure oder liegt es daran, daß es Folgen von fetten Jahren und Folgen von mageren Jahren gibt, wie schon in der Bibel zu lesen, und daß die klimatische Periode nach dem Kriege eine magere Zeitperiode war, die mit der vorangehenden gerechterweise nicht verglichen werden darf, und liegt es daran, daß wir der Säuerung des Bodens ungenügend durch Kalk entgegengewirkt haben, und daß wir zu wenig Phosphorsäure an vielen Stellen verwendet haben und in der Bodenbearbeitung durch Jahre hindurch vieles vernachlässigt haben?

Wir haben heute ungefähr 18 Sorten von Stickstoffdünger, und daß wir richtig beurteilen, unter welchen Bedingungen und in welchem Ausmaße wir den einen oder anderen nehmen, das ist eine Sache des wissenschaftlichen Urteils, die wir ebensowenig der Fabrikwissenschaft überlassen können wie die vorangehende Frage. Wenn wir das eine oder das andere falsch machen, so erhöhen wir die Vorbelastung, die wir als Nation um der Landwirtschaft willen auf uns nehmen müssen, durch Ertragsminderung und bezahlen hundertfach, was wir an der wissenschaftlichen Ausgabe sparen.

[1]) Deutsche landwirtschaftliche Presse Nr. 17, 1927.

Ich will nicht von der Schädlingsbekämpfung reden und vom Beizen des Saatgetreides. Denn ich denke, daß die Herren, die nach mir sprechen, mit mehr Sachkunde und besserem zeitlichen Spielraum darauf eingehen werden, und vielleicht hören wir noch etwas von Beziehungen der Chemie und der Biologie, die sich neu aufzutun beginnen. Das aber, was ich noch streifen will, das sind die großen Fragen einer halbchemischen Landwirtschaft, über die wir mehr lernen sollten. Wenn wir Kraftfutter brauchen, so hängen wir von der Sonne ab und von den klimatischen Faktoren, aber wenn nur Holzsubstanz wachsen soll, sind wir freier. Nun kann man aus der Holzsubstanz Zucker machen, am besten und ergiebigsten nach einem Willstätterschen Verfahren, das Herr Bergius ins Große zu übersetzen bemüht ist, und wenn wir den Zucker gemacht haben, können wir niedrige Organismen verwenden, wie manche Heferassen, um daraus Eiweiß zu machen. Ist das rationell oder schicken wir besser Stickstoff ins Ausland, wo die Sojabohne wächst, und holen im Austausch die Sojakuchen herein? Solcher Fragen gibt es mehr, und sie verlangen Urteil, wissenschaftliches Urteil und Urteil industriell unbeteiligter Wissenschaftler, um des Glaubens und der Autorität willen, die unentbehrlich sind. Abschließend aber ist zu sagen, daß wir überhaupt die Wissenschaft pflegen müssen und wieder pflegen, weil sie die Sorte Milch darstellt, die wirtschaftlich noch für uns mehr bedeutet als die Kuhmilch, obgleich die Kuhmilch wirtschaftlich fast doppelt so wichtig ist in unserem Lande wir die Kohle und wichtiger als Eisen oder was wir sonst an führenden Werten uns aussuchen. Denn wir stehen in einem ungleichen Kampf. Wir haben die Sonne nicht, von der die südlicheren Länder bei gleichem Fleiß unerhört viel reichlicher und bei gleichem Anspruch unerhört viel leichter leben als wir, und wir haben die Schätze unter der Erde nicht wie die Amerikaner, und nicht die Kolonien, die von unseren Landsleuten bewohnt und bearbeitet sind, wie die Engländer, und wir müssen alles aus der Schulung unseres Verstandes holen und aus der wissenschaftlichen Entwicklung, in der wir einen Vorsprung glücklicherweise erworben haben, und wie ich denke, und wie Sie, meine Herren auch denken werden, behalten wollen.

Die Bekämpfung von Pflanzenkrankheiten

Von Professor Dr. G. Gassner, Braunschweig

Meine Herren!

Die gesamte landwirtschaftliche Produktion stellt sich letzten Endes stets als die Summe derjenigen Werte dar, die von der einzelnen Pflanze erzeugt werden. Da der Ertrag der einzelnen Pflanze, auf die Gesamtproduktion bezogen, verschwindend klein ist, die Gesamterträge aber im Hinblick auf den in der Landwirtschaft vorliegenden Massenanbau außerordentliche Werte erreichen, muß jede auch noch so unbedeutende Ertragssteigerung der einzelnen Pflanze sich in einer wesentlichen Erhöhung der Gesamternteerträge auswirken.

Eine derartige Überlegung ist notwendig, um die Bedeutung der Pflanzenschutzmaßnahmen und der Forschungstätigkeit auf dem Gebiete der Pflanzenkrankheiten richtig zu würdigen. Wenn auch der Ertrag der einzelnen Pflanze durch irgendeinen Erreger nur schwach herabgesetzt wird, so bedeutet das doch eine maßgebliche Verschlechterung der landwirtschaftlichen Produktion, so daß also auch Maßnahmen, welche die Pflanzenentwicklung nur schwach zu fördern scheinen, letzten Endes doch große volkswirtschaftliche Bedeutung haben können und müssen.

Der Begriff der Pflanzenkrankheiten läßt sich im weitesten Sinne dahin umschreiben, daß alle Faktoren, welche optimales Wachstum und damit die Erreichung von Höchsterträgen verhindern, also in irgendeiner Weise die Pflanzen schwächen, als Krankheitsmomente angesprochen werden können. Hierher gehören also auch die Unstimmigkeiten zwischen Außenfaktoren, insbesondere Klima und Boden, einerseits und Eigenart der Pflanze andererseits. Auf die Wichtigkeit dieser Faktoren werden wir sofort gestoßen, wenn anormale Witterungsverhältnisse vorliegen. oder wenn Pflanzen unter klimatisch ungeeigneten Bedingungen angebaut werden, wenn wir also z. B. Pflanzen eines bestimmten Klimas in Verhältnisse bringen, die den inneren Vegetationsansprüchen der Pflanze nicht Rechnung tragen. Aber auch im kleinen wirken sich Unstimmigkeiten zwischen äußeren

Bedingungen und Pflanzencharakter im Ertrage aus, auch wenn das Aussehen der Pflanze eine Schädigung noch nicht oder kaum erkennen läßt. Daher hat die pflanzenphysiologische Prüfung unserer Kulturpflanzen eine hohe wirtschaftliche Bedeutung. Nur ein besserer Einblick in die ursächlichen Beziehungen zwischen Umwelt und Reaktionsvermögen der Pflanze kann uns planmäßig in der Frage vorwärtsbringen, welche Pflanzensorten und -rassen in einem bestimmten Anbaugebiet optimale Erträge geben. Wir müssen also die bis heute meist vorliegenden, rein empirischen Sortenprüfungsversuche durch wissenschaftliche Forschungsarbeit ergänzen, durch welche wir ein kausales Verständnis derjenigen Gesetzmäßigkeiten zu erreichen suchen, die letzten Endes die jeweilige Ertragshöhe der Kulturpflanzen bestimmen. Wie wenig wir heute auf diesem Gebiete schließlich wissen, dafür bieten die wechselnden Ertragsergebnisse der einzelnen Rassen unserer Kulturpflanzen in den verschiedenen Jahren und Gegenden, weiter aber vor allem die sogenannten Abbauerscheinungen beredte Beispiele. Bei dieser Gelegenheit sei vor allem auf die Abbaufrage der Kartoffeln und die damit in Zusammenhang stehenden Krankheitserscheinungen kurz hingewiesen, die wissenschaftlich bisher so gut wie gänzlich ungeklärt sind, so daß es heute noch nicht möglich ist, hier planmäßig bessernd einzugreifen.

Unter Pflanzenkrankheiten im engeren Sinne verstehen wir parasitäre Krankheiten, bei denen pflanzliche oder tierische Krankheitserreger das Ernteergebnis herabsetzen. Hier gilt das vor einigen Jahren geprägte Wort: „Wir ernten, was uns die Schädlinge übriglassen", denn weitgehend hängt die Ernte nicht von dem Wachstum der Pflanzen, sondern von dem Auftreten oder Nichtauftreten von Schädlingen ab, welche die Pflanzen befallen. Gerade in Jahren, in denen sich die Kulturpflanzen besonders gut entwickeln, haben wir vielfach auch eine übermäßige Entwicklung der Schädlinge, wodurch alle Vorteile der günstigen Kulturbedingungen wieder aufgehoben und sogar in das Gegenteil verwandelt werden können.

In Amerika und Australien werden die Getreideernten, ebenso wie bei uns, vorweg geschätzt. Bei dieser Schätzung spielt, wie auch die Zeitungsnachrichten zeigen, die Frage des Rostbefalles eine ausschlaggebende Rolle. Starkes Rostauftreten pflegt hier meist zu völligen Mißernten zu führen. Bei uns in Deutschland liegt die Sache so, daß völlige Mißernten durch Getreideroste zu den Seltenheiten gehören. Zwischen völligen Mißernten und denkbaren Höchsternten aber

liegen alle Zwischenstufen, und jede Zwischenstufe bedeutet im vorliegenden Fall, und zwar auch bei uns, eine entsprechende Herabsetzung des Ernteertrages. Daher haben alle wissenschaftlichen Bemühungen, die auf eine planmäßige Bekämpfung der Getreideroste hinzielen, auch bei uns höchste wirtschaftliche Bedeutung.

Das gleiche gilt für sämtliche anderen parasitären Krankheiten. Es sei kurz auf einige besonders wichtige Beispiele verwiesen: die Brandkrankheiten des Getreides, bei denen die Körner in brandige Massen verwandelt werden; der Schneeschimmel des Roggens, der in weitem Umfange das Auswintern bewirkt; die Krautfäule der Kartoffel, die uns den Kohlrübenwinter 1916/17 beschert hat; der Kartoffelkrebs, der ohne die wissenschaftliche Tätigkeit der maßgebenden deutschen Forschungsstellen schon jetzt eine ernste Bedrohung des Kartoffelbaues und der deutschen Volksernährung darstellen würde.

Die wissenschaftlichen Untersuchungen der letzten Jahre haben in vielen Fällen bereits zu einem Erfolge geführt. Wir können die Brandkrankheiten des Getreides, den Schneeschimmel des Roggens und andere Krankheiten durch Beizung erfolgreich bekämpfen, indem wir das Saatgut entweder nach physikalischen Verfahren oder mit chemischen Mitteln in entsprechender Weise behandeln. In anderen Fällen allerdings müssen abweichende Wege eingeschlagen werden. Es ist aus theoretischen und praktischen Gründen heraus oft unmöglich, eine direkte Bekämpfung von Schädlingen durchzuführen. In solchen Fällen wählen wir den indirekten Weg des Anbaues und der Züchtung von Sorten, die immun sind, also von den Parasiten nicht oder doch nur schwach befallen werden. Eines der wichtigsten Beispiele dieser Art, das geeignet ist, den Wert solcher zunächst rein wissenschaftlichen Arbeit für die Volkswirtschaft zu zeigen, stellt der Kartoffelkrebs dar. Es ist in wenigen Jahren gelungen, Sorten zu züchten, die vom Kartoffelkrebs überhaupt nicht befallen werden. Ähnliche Arbeiten sind auch auf den verschiedensten Gebieten, so insbesondere bei der Züchtung der Weinpflanzen auf Reblaus- und Meltaufestigkeit, weiter bei der Züchtung der Kartoffeln auf Widerstandsfähigkeit gegen Krautfäule im Gange und haben bereits zu vielversprechenden Ergebnissen geführt.

Trotz aller Erfolge ist ein Abschluß der wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiete des Pflanzenschutzes nicht abzusehen, da sich immer neue Schwierigkeiten ergeben; denn nicht nur der Forscher, sondern auch der Parasit zieht aus den angewandten Schutzmaßnahmen seine

Folgerungen. Die ganze Frage erinnert an den Kampf zwischen Verbrechertum und Polizei, wo von beiden Seiten immer neue Hilfsmittel angewendet werden, um die Oberhand zu erhalten oder zu behalten. Ein Beispiel wird die Schwierigkeiten der Untersuchungen und die Notwendigkeit dauernder wissenschaftlicher Weiterarbeit am besten zeigen. Als vor etwa einem Menschenalter festgestellt war, daß die Getreideroste in verschiedene große Gruppen, die wir als Gelbrost, Braunrost und Schwarzrost bezeichnen, zerfallen, glaubten wir, damit am Ende dieser Untersuchungen zu sein, um nunmehr die Züchtung auf Widerstandsfähigkeit gegen alle oder doch die wichtigsten der Getreideroste aufnehmen zu können. Während des Krieges haben dann aber amerikanische Forscher die überraschende Entdeckung gemacht, daß diese Rostformen wieder in Unterformen zerfallen, die sich ihrerseits gegenüber den einzelnen Getreiderassen ganz verschieden verhalten, so daß es sich augenblicklich nicht mehr darum handelt, einfach auf Widerstandsfähigkeit gegen Gelbrost oder Braunrost oder Schwarzrost zu züchten, sondern darum, zunächst einmal die für uns wichtigsten Unterformen festzustellen und dann die Züchtung auf Resistenz gegen diese wichtigen Unterformen aufzunehmen. Wir müssen also auf diesem überaus bedeutungsvollen Gebiet jetzt wieder ganz von vorn anfangen. Nur intensive Arbeit mit allen Mitteln moderner Forschung kann uns vor Rückschlägen bewahren und das Erreichte behaupten helfen.

Es wird des öfteren gesagt, daß es doch früher ohne solche Maßnahmen ging. Das ist durchaus richtig. Wir dürfen aber nicht verkennen, daß sich die Verhältnisse gegenüber früheren Zeiten grundsätzlich geändert haben. Die Verbreitungsmöglichkeiten für die Parasiten waren früher wesentlich schlechter als heute. An Stelle eines bunten Durcheinanders von Kulturpflanzen und von Landsorten haben wir heute den gleichmäßigen Anbau der gleichen hochgezüchteten und ertragsreichen Sorten auf großen Flächen, so daß die auf diesen Sorten vorhandenen und an die Sorten angepaßten Parasiten weit bessere Verbreitungsmöglichkeiten finden und darum auch viel gefährlicher auftreten können. Genau wie die Anhäufung von Menschen in Städten besondere hygienische Maßnahmen erfordert, bedeutet auch die Anhäufung der gleichen Kulturpflanzen im modernen landwirtschaftlichen Pflanzenbau eine stärkere Gefährdung und die Notwendigkeit besonderer Schutzmaßnahmen.

In der gleichen Weise wirkt sich auch der Saatgutwechsel aus. Um hohe Erträge zu erzielen, muß der Landwirt von den Pflanzenzüchtern

regelmäßig hochwertiges Saatgut beziehen. Es läßt sich aber nicht vermeiden, daß der dauernde Saatgutwechsel gleichzeitig auch die Gefahr in sich birgt, daß Krankheitskeime verschleppt werden.

Noch ein weiterer Hinweis in der gleichen Richtung sei gestattet. Früher wurde das Getreide mit der Hand in jedem landwirtschaftlichen Betriebe für sich ausgedroschen; heute werden Dreschmaschinen verwendet, und zwar von kleineren Landwirten weitgehend Lohndreschmaschinen. Wenn nun ein einziger Landwirt krankes Saatgut hat, so wird zwangsläufig das gesunde Saatgut aller derjenigen Landwirte, welche die gleiche Dreschmaschine nach ihm benutzen, infiziert.

So sehen wir also, in welcher Weise gerade Maßnahmen, die wir als Fortschritte des landwirtschaftlichen Pflanzenbaues ansprechen müssen, gleichzeitig auch neue Gefahrenmomente mit sich bringen. Wir müssen also dauernd auf dem Gebiete des Pflanzenschutzes weiterarbeiten. Das Wort des Dichters: „Was du ererbt von deinen Vätern hast, erwirb es, um es zu besitzen!" gilt für den Pflanzenbau und für die Früchte jahrzehntelanger Arbeit auf diesem Gebiete ganz besonders. Aus diesem Grunde müssen die wissenschaftlichen Untersuchungen über Pflanzenkrankheiten und über alle Fragen, welche mit dem Pflanzenbau und der Pflanzenzucht in Zusammenhang stehen, vor allem gefördert werden, wobei gleichzeitig der Umfang dieser Untersuchungen möglichst weit gezogen werden muß, indem sowohl die physiologische als auch die parasitologische und die epidemiologische Seite in gleicher Weise berücksichtigt werden. Auch die Frage der Unkrautbekämpfung bedarf weiterer Forschungstätigkeit.

Was für die Landwirtschaft gilt, hat auch für die Forstwirtschaft entsprechende Bedeutung. Die Notwendigkeit epidemiologischer Untersuchungen tritt auf Grund der traurigen Erfahrungen der letzten Jahre mit Nonne und Kiefernspanner klar zutage. Neue Gefahren für die Forstwirtschaft werden durch das Tannensterben und das Fichtensterben angezeigt und erfordern rechtzeitige Gegenmaßnahmen, insbesondere die Bereitstellung des wissenschaftlichen Rüstzeuges, das uns zunächst einmal einen Einblick in die wirklichen Ursachen der genannten Krankheitserscheinungen bringen muß.

Als die Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft die Forschungstätigkeit auf den Gebieten des Pflanzenbaues und des Pflanzenschutzes in ihr Arbeitsprogramm einbezogen hatte, wurde dieser Entschluß von verschiedenen Seiten auf das wärmste begrüßt. Das Gebiet, über das ich Ihnen kurz referieren durfte, ist so unendlich groß und

wirtschaftlich so bedeutungsvoll, daß hier nicht genug gearbeitet werden kann. Wir dürfen auch nicht verkennen, daß wir in mancher Hinsicht hinter anderen Ländern zurückstehen. Das liegt vor allem an den bisher zur Verfügung gestellten knappen Mitteln, wobei gleichzeitig gesagt werden muß, daß alle für Forschungen aufgewendeten Summen gegenüber den wirtschaftlichen Werten gar keine Rolle spielen. Ich habe darauf hingewiesen, daß es uns gelungen ist, durch geeignete Methoden und Mittel wichtige, die Volksernährung sonst stark bedrohende Pflanzenkrankheiten, wie die Brandkrankheiten des Getreides und den Kartoffelkrebs, erfolgreich zu bekämpfen. Wenn wir einen Überschlag über die durch die Forschungstätigkeit auf diesen beiden Gebieten aufgewendeten Mittel machen, so kommen wir auf Summen, die sich in Hunderttausenden von Mark bewegen. Demgegenüber aber stehen Milliardenwerte, die durch das Ergebnis der Untersuchungen erhalten werden. Ich sagte soeben, daß bisher vielfach nur unzureichende Mittel zur Bearbeitung der vorstehenden Fragen zur Verfügung standen. Andererseits kann hier nicht verschwiegen werden, daß zum Teil auch andere Gründe maßgebend waren, daß die unbedingt notwendige Forschungstätigkeit nicht in dem erforderlichen Umfange betrieben wurde. Viele Naturwissenschaftler haben die Beschäftigung mit Fragen der angewandten Botanik abgelehnt und haben sich darauf beschränkt, rein theoretische Fragen zu bearbeiten; sie scheiden also als Arbeitskräfte auf diesem wichtigen Gebiete aus. Andererseits hat sich gezeigt, daß die rein landwirtschaftlichen Institute und ihre Leiter nicht immer über die erforderliche naturwissenschaftliche Schulung verfügen oder auch nicht die erforderliche Einstellung besitzen, um die Bearbeitung der tatsächlich äußerst schwierigen Fragen mit Erfolg aufzunehmen. So klaffte durch viele Jahre hindurch gerade auf diesen Grenzgebieten, welche die intensive Arbeit des exakten Naturwissenschaftlers einerseits und die Erfahrungen des Landwirtes andererseits erfordern, in vielfacher Hinsicht eine Lücke. Und diese Lücke ist gerade durch das Eingreifen der Notgemeinschaft in den letzten Jahren in dankenswerter Weise ausgefüllt. Dadurch, daß die Notgemeinschaft für die Bearbeitung wichtiger Fragen besondere Mittel zur Verfügung stellen konnte, sind auch wissenschaftliche Kräfte für Fragen auf den Gebieten des Pflanzenschutzes und der Pflanzenzüchtung mobilisiert worden, die sich sonst wenig oder gar nicht für diese für unsere Volkswirtschaft so bedeutungsvollen Fragen eingesetzt hätten. Weiter ist nicht zu verkennen, daß das Eingreifen der

Notgemeinschaft dazu beiträgt, den wissenschaftlichen Nachwuchs sicherzustellen. Wer heute auf irgendeinem Gebiet wissenschaftliche Hilfskräfte benötigt, weiß ein Lied davon zu singen, wie schwer es ist, den richtigen Mann an den richtigen Platz zu stellen. Und wenn die Hilfe der Notgemeinschaft nur dazu beiträgt, uns für die nächsten Jahre und Jahrzehnte einen guten wissenschaftlichen Nachwuchs zu schaffen, der dann seinerseits auf diesen schwierigen Gebieten forschend weiterschreitet, so werden sich die von der Notgemeinschaft hierfür aufgewendeten Mittel reichlich bezahlt machen.

Tierseuchenbekämpfung durch Tierseuchenforschung[1])

Von Professor Dr. W. Zwick
an der Veterinärmedizinischen Fakultät der Universität Gießen

Meine sehr verehrten Damen und Herren!

In weiten Kreisen der Bevölkerung, selbst der landwirtschaftlichen, ist nicht oder nicht genügend bekannt, wie groß die wirtschaftlichen Verluste sind, die die Seuchen unserer Haustiere jahraus, jahrein dem deutschen Volksvermögen zufügen. Man kommt aber dem Verständnis näher, wenn man die Größe unserer Viehbestände und der darin niedergelegten Werte unseres Nationalvermögens ins Auge faßt, wenn man berücksichtigt, wie sehr der Verbreitung von Tierseuchen Tür und Tor geöffnet ist dadurch, daß unter dem Zwang unserer kulturellen Verhältnisse eine große Zahl von Tieren auf verhältnismäßig kleinem Gebiete zusammenzuleben gezwungen ist. Infolgedessen ist die Gefahr der Verbreitung von Seuchen wesentlich erhöht; sie wird noch verschärft durch einen lebhaften Handel und Wandel mit Vieh sowie dadurch, daß die veterinärpolizeiliche Überwachung unserer Viehbestände nicht ausreichend ist und es nach Lage der Dinge auch nicht sein kann, weil sie sich ja nur auf eine verhältnismäßig kleine Gruppe von Tierseuchen, nämlich auf die der staatlichen Bekämpfung unterliegenden, beschränkt, während andere volle Bewegungsfreiheit haben.

Zieht man diese Umstände und als weitere Unterlagen für die ungefähre Schätzung der Größe der Gefahr und des Schadens durch Tierseuchen in Betracht, daß nach der amtlichen Viehzählung vom 1. Dezember 1927 unsere Viehbestände sich zusammensetzen aus 3 810 072 Pferden, 18 010 669 Rindern, 3 818 881 Schafen, 3 224 622 Ziegen, 22 899 091 Schweinen, 79 417 622 Geflügel, stellt man ferner den Gesamtwert der Fleisch-, Milch-, Geflügel- und Wollerzeugung in der Höhe von rund 9,3 Milliarden RM. in Rechnung, so läßt sich aus solchen Angaben ermessen, welch hohe Werte auf dem Spiele stehen, wie wichtig die Gesundheraltung unserer Haustierbestände und

---

[1]) Vortrag, gehalten am 20. März 1929 in einem geladenen Kreise von Mitgliedern des Reichstags.

besonders ihr Schutz vor gefährlichen Seuchen ist. Kann doch eine einzige Tierseuche, wie die Maul- und Klauenseuche, nach einer von dem Ministerialdirigenten Müssemeier im preußischen Ministerium für Landwirtschaft angestellten Berechnung einen Schaden anrichten, der sich in einem einzigen Seuchengange auf 476 Millionen Reichsmark beziffert. Daneben gehen zahlenmäßig nicht faßbare, nach vielen Hunderten von Millionen Reichsmark zu berechnende Verluste einher, die durch andere Tierseuchen verursacht werden. Den Gesamtschaden zu berechnen, den das Volksvermögen durch Seuchen unserer Haustiere alljährlich erleidet, ist nicht möglich, weil hierzu die nötigen Unterlagen fehlen. Im Verlaufe der weiteren Ausführungen werden noch einige Angaben folgen, die die durch einzelne Tierseuchen erwachsenen Verluste näher kennzeichnen.

Die deutsche Landwirtschaft hat nach dem Kriege unter äußerster Anspannung aller Kräfte den Viehbestand so gehoben, daß die ihm durch den Krieg zugefügten tiefen Wunden fast wieder ausgeheilt sind und der Vorkriegsstand nahezu wieder erreicht, ja teilweise schon übertroffen ist. Darüber hinaus muß aber angestrebt werden, dem deutschen Volke die zu seiner Ernährung dienenden animalischen Nahrungsmittel (Fleisch, Milch, Butter, Käse, Eier) und die tierischen Rohstoffe, wie Häute, Wolle, Federn, in einer Menge und Güte zur Verfügung zu stellen, daß eine Einfuhr aus dem Auslande überflüssig wird. Dieses Ziel kann aber nur erreicht werden, wenn von der deutschen Viehwirtschaft die durch Tierseuchen drohenden Gefahren in höherem Maße ferngehalten werden als bisher.

Die auch noch so sorgfältige Auswahl von Zuchttieren kann illusorisch werden, wenn nicht gleichzeitig den ansteckenden Krankheiten begegnet wird, die ihre Zucht- und Verwendungsfähigkeit beeinträchtigen. Man darf nämlich nicht übersehen, daß unsere Viehbestände gewisse Infektionskrankheiten, wie z. B. die Tuberkulose, das ansteckende Verwerfen, infektiöse Euterentzündungen, fortwährend in sich beherbergen und fortlaufend weiterverbreiten. In dem Maße, als eine Steigerung der Leistungen angestrebt wird und die Zahl der Tiere wächst, nehmen auch die Gefahren zu, die von solchen Seuchen drohen. Daher ist es selbstverständlich, daß Hand in Hand mit der Produktionsförderung auch die Anstrengungen zum Zwecke der Eindämmung und Abwehr jener Gefahren vergrößert werden müssen. Diese so naheliegende Forderung ist bisher noch viel zu wenig beachtet worden.

Der einzige, rationelle und Erfolg versprechende Weg zur Abhilfe ist die Erforschung der Tierseuchen durch ausdauernde, planmäßige wissenschaftliche Arbeit. Daß dieser Weg der einzig richtige ist, das zeigen mit aller Deutlichkeit die mit dem Einsetzen der bakteriologischen Ära erzielten Fortschritte.

Bei einigen der veterinärpolizeilich verfolgten Tierseuchen war schon das auf epizootologische Erfahrungen gestützte und dem Wesen der einzelnen Seuchen angepaßte veterinärpolizeiliche Vorgehen (Einfuhrverbote, sonstige mehr oder weniger weitgehende Beschränkungen im Verkehr und in der Verwendung von Tieren und tierischen Produkten, Desinfektionsmaßnahmen u. a.) ausreichend, um sie von den Grenzen Deutschlands fernzuhalten oder, wenn sie ins Land eingedrungen waren, sie einzudämmen und bald wieder vollständig zu unterdrücken. So war es möglich, die Rinderpest lediglich auf veterinärpolizeilichem Wege so erfolgreich zu bekämpfen, daß sie seit dem Jahre 1881 aus Deutschland vollständig verschwunden ist. Auch die Schafpocken sind seit Jahrzehnten in der Hauptsache aus Deutschland verbannt, und wenn sie je vereinzelt wieder auftraten, so konnten sie infolge raschen radikalen Vorgehens doch bald wieder getilgt werden; seit dem Jahre 1920 ist Deutschland auch von dieser Seuche befreit. Ferner hat die Bekämpfung der Tollwut auf der Grundlage der bestehenden gesetzlichen Bestimmungen bei energischem Vorgehen und Berücksichtigung besonderer Verhältnisse erfahrungsgemäß sichere Erfolge zu verzeichnen. Dagegen konnten im Kampfe gegen andere gefährliche Seuchen greifbare Wirkungen erst erzielt werden, nachdem durch die grundlegenden Forschungen von Robert Koch und seiner Schule der bakteriologische Nachweis der Erreger gesichert und ihre biologischen Eigenschaften geklärt waren.

Mit dem weiteren Ausbau und der Verfeinerung der diagnostischen Hilfsmittel, namentlich in Gestalt der Serodiagnostik und der allergischen Reaktionen, durch die es möglich war, auch latente Seuchenfälle aufzudecken und die infizierten Tiere unschädlich zu machen, war die Tilgung von Seuchen, wie Rotz, Beschälseuche und Lungenseuche, so gut wie vollständig gelungen. Diese in früheren Zeiten so verderblichen und gefürchteten Seuchen spielen wirtschaftlich in Deutschland zur Zeit keine Rolle mehr. Im Falle ihrer Neueinschleppung sind die gegen sie verfügbaren Waffen so wirksam, daß jene Seuchen bestimmt in kürzester Zeit wieder getilgt

werden können. Dies ist ein Ruhmestitel der Wissenschaft, in erster Linie der deutschen. Die erzielten Erfolge verdienen um so höhere Anerkennung, weil die denkbar schwierigsten Verhältnisse während des Krieges und in der Nachkriegszeit den Kampf gegen diese Seuchen außerordentlich erschwerten. Wenn es gelungen ist, jene gefährlichen Seuchen zu tilgen, so ist dies zugleich ein deutliches und überzeugendes Beispiel dafür, daß durch unentwegte, tiefgründige, wissenschaftliche Forschungsarbeit eine radikale Tilgung von Seuchen erzielt werden kann und die wissenschaftliche Forschung, selbst wenn sie zunächst rein erkenntnistheoretische Bahnen einschlägt und sich vom vorgezeichneten Ziele zu entfernen scheint, doch früher oder später praktisch sich auswirkt und dann dem allgemeinen Volkswohl die Aufwendungen mit Zinseszinsen wieder zurückgibt, die zu ihrer Pflege gemacht wurden.

Neben der durch den Nachweis der spezifischen Krankheitserreger verbesserten und verfeinerten Diagnostik und neben den auf die biologischen Eigenschaften der spezifischen Krankheitserreger eingestellten prophylaktischen Maßnahmen haben namentlich die Forschungsergebnisse der Immunitätswissenschaft im Kampfe gegen die Tierseuchen überaus wertvolle Dienste geleistet. Die auf wissenschaftlicher Grundlage aufgebauten Schutzimpfungen gegen Milzbrand, Rauschbrand, Schweinerotlauf, Schweinepest, Geflügelcholera, Geflügeldiphtherie und Geflüglepocken u. a. verleihen bei sachgemäßer und rechtzeitiger Anwendung einen wirksamen Schutz. Bei einigen der genannten Seuchen können zu Schutzzwecken geeignete Impfstoffe auch zur Heilung angewandt werden. Die von dem früheren hessischen Landestierarzt Lorenz in die Praxis eingeführte Schutzimpfung gegen den Schweinerotlauf, eine früher sehr verlustreich auftretende Seuche, verdient hier wegen ihrer überragenden Wirkung ganz besonders hervorgehoben zu werden. Dank der allgemeinen Anwendung des Lorenzschen Schutzimpfverfahrens hat der Schweinerotlauf aufgehört, eine gefährliche Seuche zu sein, und sind der Landwirtschaft nach vielen Millionen zählende Werte erspart worden.

Aber neben den bisher genannten Infektionskrankheiten, gegen die mit Hilfe der Wissenschaft und der darauf gegründeten Veterinärpolizeigesetzgebung große, ja zum Teil durchschlagende Erfolge erzielt worden sind, fehlt es nicht an solchen, die zeigen, daß auf dem Gebiete der Tierseuchenbekämpfung noch eine große wissenschaftliche Forschungsarbeit zu leisten ist, die zweifellos reiche Früchte tragen

und der Land- und Volkswirtschaft in hohem Maße zugute kommen wird.

Im folgenden will ich ganz kurz diejenigen Seuchen und im Zusammenhang damit die hauptsächlichen Fragen anführen, die noch der weiteren wissenschaftlichen Erforschung dringend bedürfen.

Eines der wichtigsten Probleme hängt mit der Maul- und Klauenseuche zusammen. Diese Seuche pflegt in etwa fünfjährigen Zeitabständen epizootisch über Deutschland sich zu verbreiten und sucht dann in vielen Tausenden von Gehöften die Viehbestände heim; dabei nimmt sie alle 8—10 Jahre einen besonders bösartigen Charakter an. Der durch sie hervorgerufene Schaden infolge von Milch-, Fleisch- und Arbeitsverlusten und Verlusten an Zuchtwerten ist ganz ungeheuer. Neben solchen unmittelbaren Verlusten gehen aber andere, mittelbare, einher, die nicht kleiner, ja vielleicht größer sind als jene. Muß doch im Zusammenhang mit dem Auftreten der Maul- und Klauenseuche ein umfangreicher und kostspieliger Apparat zu ihrer Bekämpfung in Bewegung gesetzt, es müssen Nutzungs- und Verkehrsbeschränkungen erlassen werden, die tief in das Wirtschaftsleben einschneiden, den Handel und Wandel mit Vieh hemmen, ja zeitweise ganz unterbinden, infolgedessen große wirtschaftliche Störungen, Nachteile und Wertverluste, dazu noch einen nicht unerheblichen Ausfall an kommunalen und Staatseinnahmen zur Folge haben. Nach Milliarden berechnet sich der gesamte Schaden, der sich an das Auftreten dieser Seuche in den letzten Jahrzehnten geknüpft hat.

Die wissenschaftliche Erforschung der Maul- und Klauenseuche war lange Zeit sehr vernachlässigt worden. Dies hängt wesentlich damit zusammen, daß das Experimentieren mit ihr nicht nur große Kosten verursacht, sondern auch die große Gefahr ihrer Verschleppung vom Versuchsinstitut aus in sich schließt, deshalb nur in Instituten und unter Vorkehrungen geschehen kann, die die Gewähr dafür bieten, daß eine Verschleppung der höchst kontagiösen Seuche von der Untersuchungsstelle aus nicht vorkommt.

Dank den verdienstvollen Arbeiten von Professor Löffler in Greifswald und seinen Mitarbeitern sowie denjenigen von Professor Waldmann auf der Insel Riems (bei Greifswald), der das wissenschaftliche Erbe von Professor Löffler übernommen hat und mit seinen Mitarbeitern fortführt, ist es gelungen, die Erforschung dieser Seuche wesentlich zu fördern. Auf der Insel Riems ist jetzt ein Institut großen Stils errichtet worden, das allerdings in erster Linie der Her-

stellung von Serum gegen die Maul- und Klauenseuche und außerdem ihrer Erforschung dient.

Obwohl durch die Arbeiten von Professor Löffler und seines Nachfolgers bis jetzt schon wesentliche und wichtige Fortschritte erzielt worden sind, die bei der praktischen Bekämpfung der Maul- und Klauenseuche, namentlich in prophylaktischer Hinsicht, aber auch in therapeutischer, sehr nutzbringend sich auswirken, so ist doch das Haupt- und Endziel, nämlich die Entdeckung einer wirksamen und dabei ungefährlichen Schutzimpfung mit einer Wirkung von längerer Dauer trotz aller dahingehender Bemühungen noch nicht erreicht. Dieses schwierige Problem muß gelöst werden; auf anderem Wege kann diese verderbliche Seuche nicht niedergerungen werden. Um es zu lösen, müßten aber noch viel größere Anstrengungen gemacht werden als bisher. Der wissenschaftlichen Kräfte, die sich um seine Lösung bemühen, sind es zu wenige, und die Mittel, die für diesen Zweck zu Gebote stehen, sind viel zu gering. Wird jenes Ziel erreicht, so hat die Maul- und Klauenseuche ihren Schrecken verloren und werden für die Volkswirtschaft ungeheure Werte gerettet sein.

Neben der Maul- und Klauenseuche ist die Tuberkulose die schlimmste Geißel unserer Viehzucht. Diese Seuche hat sich in unsere Rinderbestände bereits so sehr eingenistet, daß nach Maßgabe der amtlichen Fleischbeschau durchschnittlich etwa 20—25% der erwachsenen Rinder damit behaftet sind, d. h. also durchschnittlich jedes vierte bis fünfte erwachsene Rind tuberkulös ist. In ihren gefährlichsten, den sogenannten „offenen" Formen ist sie der staatlichen Bekämpfung und zu diesem Zwecke der Anzeigepflicht unterstellt. Indessen hat die Bekämpfung auf diesem Wege einen greifbaren Erfolg noch nicht herbeiführen können. Zweckentsprechender ist das von v. Ostertag eingeführte „freiwillige Tuberkulosebekämpfungsverfahren", bei dem die „offenen" Formen besser erfaßt und ausgemerzt werden. Wesentlich unterstützt wird dieses Verfahren durch die tuberkulosefreie Aufzucht der Kälber und durch bestimmte hygienische Maßnahmen.

So zweckmäßig dieses Gesamtverfahren ist und so sehr es zu wünschen wäre, daß es in Deutschland mehr und mehr festen Fuß faßt, so wird damit doch nur eine Eindämmung der Tuberkulose, niemals ihre Tilgung erreicht werden können.

Die Schutzimpfung gegen die Tuberkulose der Rinder muß trotz der Mißerfolge, die alle bisherigen einschlägigen Versuche, unter ihnen auch diejenigen von R. Koch und E. v. Behring, zu ver-

zeichnen hatten, noch weiter das erstrebenswerte Ziel wissenschaftlicher Forschung sein. Ob die von französischer Seite, von Calmette und Guérin, neuerdings propagierte Schutzimpfung gegen die Tuberkulose den von diesen Autoren in Aussicht gestellten Erfolg haben wird, ist abzuwarten, jedoch sehr zweifelhaft.

Es darf hier noch angeführt werden, daß die weitere wissenschaftliche Verfolgung des Problems der Tuberkuloseschutzimpfung bei Rindern nicht nur im landwirtschaftlichen Interesse gelegen ist, sondern auch eine große heuristische Bedeutung für die Humanmedizin in sich schließt. Wird ein brauchbares Schutzimpfverfahren gegen die Rindertuberkulose entdeckt, so ist damit auch der erfolgversprechende Weg für die immunisatorische Bekämpfung der menschlichen Tuberkulose vorgezeichnet. Ja, man kann sagen, daß letzteres Ziel voraussichtlich nur auf dem Wege über das Rind erreicht werden kann. Deshalb haben ja auch R. Koch und v. Behring und eine Reihe anderer Forscher diesen Weg beschritten.

Nächst der Tuberkulose und der Maul- und Klauenseuche gehört das „ansteckende Verwerfen" der Rinder zu den verderblichsten Seuchen. Diese Infektionskrankheit greift die Tierzucht an ihren Wurzeln an und schädigt sie in hohem Maße. Der Erreger dieser Krankheit siedelt sich in der trächtigen Gebärmutter und in dem Fetus der trächtigen Tiere an und bewirkt schließlich den Tod der Früchte und ihre vorzeitige Ausstoßung. Die Verluste, die diese Seuche mit sich bringt und Jahr für Jahr der Landwirtschaft zufügt, sind weit größer, als man selbst in den beteiligten landwirtschaftlichen Kreisen weiß. Nicht nur der Verlust an Kälbern und damit an wertvoller Nachzucht, nicht nur die Schädigung der Gesundheit der Muttertiere und die erhebliche Beeinträchtigung ihrer Milchleistung, sondern auch die Störung des gesamten Zuchtbetriebes, der dazu führt, daß häufig wertvolle Tiere von der Zucht ausgeschlossen und zur Mast bestimmt werden, weil sie nicht mehr konzipieren, sind die Folgen dieser ansteckenden Krankheit. Dazu kommt noch, daß eine in unseren Viehbeständen leider sehr stark verbreitete Kalamität, die Sterilität der Kühe, ferner gewisse Krankheiten der Kälber, namentlich die Kälberruhr, unmittelbar und mittelbar zu dieser Infektionskrankheit der trächtigen Muttertiere in Beziehung stehen.

Nach einer, wie ich ausdrücklich betonen möchte, verhältnismäßig niedrigen Berechnung beträgt der Schaden, den diese Seuche in Deutschland anrichtet, jährlich mindestens 250 Millionen Reichsmark.

Der ganze Fragenkomplex, der sich im Zusammenhang mit dem „ansteckenden Verwerfen" der Rinder und der übrigen Haustiere ergibt, ist zwar wissenschaftlich schon weitgehend bearbeitet worden. Diese Forschungen haben in der Einführung von Schutzimpfverfahren und in der Anwendung bestimmter hygienischer Maßnahmen gegen diese Seuche ihre praktische Auswirkung gefunden. Aber auch hier ist eine in allen Teilen befriedigende Lösung noch nicht gefunden. Die Impfverfahren bedürfen dringend noch des weiteren wissenschaftlichen Ausbaues und der Verbesserung, auch müßte neben der Vorbeuge die wirksame Behandlung der bereits infizierten Tiere auf chemotherapeutischem Wege versucht werden. Hier liegt noch ein großes Arbeitsfeld, auf dem die wissenschaftliche Pflugschar einzusetzen hat. Auch der „ansteckende Scheidenkatarrh" und der „Bläschenausschlag", ebenfalls ansteckende Geschlechtskrankheiten der Rinder, sind in ihrem Einfluß auf das Geschlechtsleben und auf die Tierproduktion noch nicht genügend geklärt.

Ich darf hier anschließend noch bemerken, daß die Frage über die pathogene Bedeutung des wichtigsten Erregers des infektiösen Abortus des Rindes, des Bacterium abortus Bang, für den Menschen neuerdings auch in den Vordergrund des wissenschaftlichen Interesses getreten ist, nachdem sowohl in Deutschland als auch in anderen Ländern über Fälle von Infektionen des Menschen durch dieses Bakterium berichtet worden ist. Diese Frage bedarf der weiteren wissenschaftlichen Prüfung und Aufklärung.

Nicht geringe Verluste erwachsen der Landwirtschaft alljährlich durch die ansteckenden Krankheiten der Jungtiere, der Kälber, Fohlen, Lämmer und Ferkel. Die tierischen Säuglinge sind von Infektionskrankheiten sehr häufig heimgesucht. Die Ruhr, die seuchenhaft auftretenden Lungenentzündungen der Kälber, die Ruhr und die Lähme der Fohlen, ferner die ansteckenden Lämmer- und Ferkelkrankheiten sind höchst gefährliche Störenfriede der Aufzucht. Das Kälbersterben kann z. B. so sehr um sich greifen, daß in manchen Stallungen — es ist dies keineswegs ein seltenes Ereignis — jedes neugeborene Kalb schon während der ersten Lebenstage dahingerafft wird. Bei der Schweinezucht ist das Ferkelsterben, das durch eine Reihe von Krankheitserregern verursacht wird, leider ein allzu häufiges Vorkommnis. Dieses auf Ansteckung beruhende Ferkelsterben in den ersten Lebenstagen und -wochen kann so gehäuft und hartnäckig auftreten, daß ganze Zuchten ruiniert werden. Obwohl die Wissenschaft das

Wesen dieser Krankheiten schon weitgehend geklärt und geeignete Mittel zu ihrer Bekämpfung zur Verfügung gestellt hat, so sind doch auch auf diesem Gebiete noch viele praktisch wichtige Einzelfragen zu lösen.

Hier darf erwähnt werden, daß die Entstehung und Verbreitung gewisser Tierseuchen, ganz besonders auch unter den Jungtieren und unter den Schweinen, durch unzweckmäßige Stallhaltung und Aufzucht sehr wesentlich gefördert wird. Deshalb würde es eine verdienstvolle Aufgabe sein, die Bedeutung der Umweltfaktoren für die Entstehung und Verbreitung solcher Infektionskrankheiten noch weiter zu erforschen. Es steht bestimmt zu erwarten, daß durch geeignete Verbesserung der Stallhygiene und der Aufzuchtverhältnisse zum Zwecke der Seuchenverhütung große Erfolge erzielt werden können.

Die Milchproduktion erfährt sodann eine schwere Beeinträchtigung durch ansteckende Euterentzündungen, die in immer steigendem Maße unter den Milchkühen um sich greifen. Diese Euterentzündungen können dazu führen, daß die Kühe als Milchtiere völlig wertlos werden. Zu dem Ausfall an Milch kommen die Wertverluste, die durch die Notwendigkeit des Verkaufs und durch Schlachtung der von der Krankheit ergriffenen und unheilbaren Tiere sich ergeben. Wenn man außer der ungeheuren Verbreitung der gefährlichsten Euterkrankheit, die unter dem Namen „gelber Galt" geht und in allen Ländern mit hochentwickelter Viehzucht sich eingenistet hat, ihre leichte Verschleppbarkeit, ihre Hartnäckigkeit, ihre fortwährende Zunahme und nicht zuletzt ihre Unheilbarkeit in den meisten Fällen berücksichtigt, so dürfte es wohl einleuchten, daß auch diese ansteckende Krankheit ein höchst gefährlicher Feind der Landwirtschaft ist. In größeren Stallungen kann sie so verheerend um sich greifen, daß 20—30%, ja selbst 50% und noch mehr der Kühe davon betroffen sind. Der jährlich durch diese Seuche in Deutschland hervorgerufene Schaden ist auf rund eine halbe Milliarde Goldmark berechnet worden. Für Österreich wurde der Milchverlust infolge dieser ansteckenden Euterentzündung mit etwa 25 Millionen Liter im Jahr angegeben; das ist ein Fünftel jener Milchmenge, die notwendig wäre, um die Einfuhr von Milchprodukten aus dem Auslande auszuschalten.

Unter den Kühen und Färsen, die in Schleswig-Holstein, Oldenburg und Ostfriesland auf die Weide verbracht werden, greift alljährlich eine andere höchst gefährliche Euterentzündung um sich, die einen sehr großen Schaden anrichtet. Obwohl man den Erreger der Krank-

heit kennt, fehlt es bis jetzt noch an prophylaktischen und therapeutischen Mitteln gegen diese Krankheit.

Die Schilderung, die ich von diesen ansteckenden Euterkrankheiten gebe, ist sicherlich nicht zu schwarz, und die angegebenen Zahlen sind nicht zu hoch, eher zu niedrig gegriffen. Um dies zu beweisen, darf ich einem auf diesem Gebiete gewiß erfahrenen, nichttierärztlichen Fachmann, dem Direktor des Instituts für Milcherzeugung der Preuß. Versuchs- und Forschungsanstalt für Milchwirtschaft in Kiel, Professor Dr. Bünger, das Wort geben. Er sagt in einem Vortrage, den er im Juni 1928 gelegentlich der Ausstellung „Die Ernährung" in Berlin hielt, folgendes: „In den letzten Jahren greifen die ansteckenden Euterentzündungen stark um sich und fügen der Milchwirtschaft außerordentlich großen Schaden zu. Bei der großen Ausbreitung der Euterkrankheiten ist es ein dringendes Erfordernis, daß für die Erforschung der Krankheiten und ihre Heilung, für die wir heute sichere Mittel nicht besitzen, seitens des Staates ausreichende Mittel zur Verfügung gestellt werden." Wenn man nun berücksichtigt, daß die Milchwirtschaft zur Zeit das Rückgrat der Landwirtschaft ist, daß der Gesamtwert der Milcherzeugung für das Jahr auf rund 3,6 Milliarden Reichsmark veranschlagt wird, also höher als der unserer wichtigsten industriellen Erzeugnisse (Roheisen rund 0,7 Milliarden Reichsmark, Kohle rund 2,3 Milliarden Reichsmark), so zeigt sich auch in dieser Beleuchtung, wie gewaltig die Werte sind, die durch das Umsichgreifen verderblicher Viehseuchen gefährdet werden, zugleich aber auch, wie notwendig es ist, bei der Bekämpfung solcher Infektionskrankheiten die Wissenschaft in viel stärkerem Maße als bisher zu unterstützen.

Von den unter den Pferden herrschenden Seuchen sind es namentlich zwei, denen eine überragende wirtschaftliche Bedeutung zukommt, die außerdem der Bekämpfung Schwierigkeiten bereiten und deshalb im Vordergrunde des wissenschaftlichen Interesses stehen. Es sind dies die „ansteckende Blutarmut" und die sogenannte „Bornasche Krankheit", eine ansteckende Gehirn- und Rückenmarksentzündung. Die ansteckende Blutarmut, die vor dem Kriege hauptsächlich in Frankreich und in einigen westlichen Bezirken Deutschlands geherrscht hatte, hat während des Krieges und in der Nachkriegszeit eine sehr große Ausdehnung in den verschiedenen Gegenden Deutschlands gefunden. Diese überaus gefährliche und fast ausnahmslos tödlich verlaufende Krankheit hat schon eine sehr große Zahl von

Opfern gefordert. Bis jetzt ist es noch nicht gelungen, den Erreger der Krankheit zu entdecken, auch kennen wir kein wirksames Mittel zu ihrer Heilung oder Verhütung. Vor allem wichtig wäre noch der weitere Ausbau der Diagnostik. Wenn es gelänge, ein zuverlässiges und streng spezifisches, diagnostisches Verfahren auszuarbeiten, so würde die Tilgung dieser Seuche so rasch und sicher gelingen wie die des Rotzes.

Die zweite der genannten Seuchen, die ansteckende Gehirn- und Rückenmarksentzündung der Pferde, ist schon seit langer Zeit in Deutschland heimisch. Sie tritt alljährlich in bestimmten Gebieten mit wechselnder Stärke auf. Diese Krankheit ist, nachdem die Notgemeinschaft die erforderlichen Mittel gewährt hat, in den letzten Jahren näher erforscht worden, und es ist gelungen, ein Verfahren zum Zwecke der Schutzimpfung auszuarbeiten, das günstige Erfolge in der Praxis verspricht. Dieses Ziel konnte nur dank der tatkräftigen Unterstützung von seiten der Notgemeinschaft erreicht werden. Ich verfehle nicht, Sr. Exzellenz dem Herrn Minister a. D. Dr. Schmidt-Ott von dieser Stelle aus wärmsten Dank für die so überaus wertvolle Hilfe auszusprechen.

Aber eine Reihe wichtiger Fragen, die mit dieser Seuche zusammenhängen, harrt noch der Lösung, namentlich die Therapie. Die weitere Erforschung dieser Seuche ist auch im Hinblick auf gewisse Krankheiten des Menschen von Wert. Namentlich sind es die epidemische Gehirnentzündung des Menschen und die spinale Kinderlähmung, die ihrem Wesen nach gewisse Ähnlichkeiten mit dieser Pferdekrankheit aufzuweisen haben. Die weitere Klärung der Bornaschen Krankheit würde daher auch Licht auf die genannten Krankheiten des Menschen werfen können.

Als weitere Infektionskrankheit der Pferde, die noch in mancher Hinsicht — namentlich zum Zwecke der Gewinnung eines geeigneten Immunisierungsverfahrens — der weiteren Erforschung von Wert wäre, möchte ich hier noch die Brustseuche anführen, die vom militärischen Standpunkte aus besonderes Interesse verdient, weil sie immer und immer wieder unter den militärischen Pferdebeständen auftritt.

Von den Schweineseuchen spielt, nachdem der Schweinerotlauf durch Impfungen in Schach gehalten wird und die „Schweineseuche" im Laufe der Jahre mehr und mehr an Bedeutung verloren hat, die „Schweinepest" eine erheblichere wirtschaftliche Rolle.

Besonders in den größeren Schweinezüchtereien Norddeutschlands ist diese Seuche schon recht verheerend aufgetreten. Sie wird durch ein ultramikroskopisches Virus verursacht, über dessen biologische Eigenschaften wir ziemlich genau orientiert sind. Es steht auch bereits ein wirksames Serum zur Verfügung, das zu Schutz-, weniger zu Heilzwecken dient. Mit Hilfe der Serumimpfungen und eines nach Analogie der Schweinerotlaufimpfungen durchgeführten sogenannten Simultanverfahrens (Serovakzination) gelingt es, der Seuche wirksam zu begegnen. Jedoch ist die Schutzimpfung gegen die Schweinepest noch verbesserungsbedürftig; außerdem fehlt es noch an einem zuverlässigen Heilmittel.

Die Geflügelzucht hat in den letzten Jahren in Deutschland ganz erheblich zugenommen. Nach der Reichsstatistik für das Jahr 1926 waren in Deutschland 75 Millionen Stück Geflügel vorhanden. Der Gesamtwert der deutschen Geflügelzucht betrug im Jahre 1926 650 Millionen Reichsmark. Unter den landwirtschaftlichen Produkten standen die Erzeugnisse der Geflügelzucht an 5. bis 6. Stelle, etwa auf gleicher Stufe mit den Erträgen der Forstwirtschaft und mit denen der Lederproduktion. Zum Vergleiche sei ferner noch angeführt, daß die gesamte Roherzeugung in Deutschland im Berichtsjahre 1926 150 Millionen Reichsmark betragen hat. Dies zeigt deutlich, welch bedeutender Faktor die Geflügelzucht im deutschen Wirtschaftsleben geworden ist. Und trotzdem hat Deutschland 300 Millionen Reichsmark für eingeführte Geflügelprodukte an das Ausland abgegeben. Dringend zu wünschen wäre es, daß wir in dieser Hinsicht unabhängig vom Ausland würden. Die Hebung unserer Geflügelzucht hat aber zur unbedingten Voraussetzung, daß gesunde Geflügelbestände zur Verfügung stehen und verderbliche Seuchen von ihnen ferngehalten werden. Leider treffen diese Voraussetzungen nicht in erwünschtem Maße zu. Das Hochtreiben der Geflügelzucht und der Eierproduktion in großen Zentralanstalten, in denen Hunderte, ja Tausende von Tieren gehalten werden, hat der Entstehung von Krankheiten und der Verbreitung von Seuchen Vorschub geleistet. Die Tuberkulose, die Pocken und die Diphtherie, die Kückenruhr, die Kokzidiose, die Leukose, die Geflügellähme u. a., ferner die zahlreichen parasitären Krankheiten sind sehr gefürchtete und verderbliche Gäste. Einzelne von ihnen, wie die beiden erstgenannten, sind bereits wissenschaftlich so weit erforscht, daß die verfügbaren wissenschaftlichen Hilfsmittel zu ihrer Bekämpfung bei richtigem Vorgehen Erfolg versprechen, aber

für die übrigen erwähnten und für eine Reihe anderer trifft dies nicht zu. Hier steht der wissenschaftlichen Forschung noch ein weites und höchst ertragreiches Feld der Tätigkeit offen. Die zu erwartenden Forschungsergebnisse werden sicherlich sehr erheblich zur Förderung und zum Emporblühen der Geflügelzucht beitragen.

Auf die Erforschung und die Bekämpfung der ansteckenden Kleintierkrankheiten, besonders derjenigen der K a n i n c h e n , der F i s c h e und der B i e n e n , soll nur kurz hingewiesen werden. Auch auf diesen Gebieten kann noch eine große nutzbringende wissenschaftliche Arbeit geleistet werden.

Zu weit würde es führen, wollte ich auch noch die große Reihe von parasitären Krankheiten unserer Haustiere im einzelnen besprechen, die in unseren Viehbeständen großen Schaden anrichten. Ich darf hier nur an die Leberegelkrankheit, die Lungenwurmseuche und die durch andere Rund- und durch Bandwürmer hervorgerufenen Invasionskrankheiten, ferner an die Räude, besonders diejenige der Schafe, erinnern, um gleichzeitig darzutun, daß im Kampfe gegen diese und andere Parasiten für die Wissenschaft noch manche wichtige Frage zu lösen ist.

Forschen auf dem Gebiete der Tierseuchen ist gleichbedeutend mit der Ausführung von Experimenten an Tieren. Dem Tierversuch verdankt man die in den letzten 50 Jahren gegen die Infektionskrankheiten erzielten großen Erfolge. Versuche an Tieren sind hier die Vorbedingung für jeglichen Fortschritt. Solche Experimente sind mit verhältnismäßig geringen Kosten auszuführen bei Krankheiten, die sich auf kleine Versuchstiere übertragen lassen. Sie sind aber schwieriger und kostspieliger, wenn man sich mit dem Studium von Seuchen zu beschäftigen hat, die nur eine kleine Zahl von Tierarten, ja nur eine einzige befallen. Hier versagt das Experiment an kleinen Versuchstieren. Man ist infolgedessen gezwungen, mit großen Tieren Versuche anzustellen, wobei unter Umständen ein einziges Experiment Wochen und Monate dauern kann. Damit wachsen selbstverständlich die Kosten erheblich. Die Beschaffung großer Versuchstiere, wie Rinder oder Pferde, ihre geeignete isolierte Unterbringung, Fütterung und Pfege verschlingen viel Geld. Wenn man aber die Gesamtsummen der von den Staaten im Zusammenhange mit der veterinärpolizeilichen Bekämpfung von anzeigepflichtigen Haustierseuchen seit Jahren gezahlten Entschädigungen ins Auge faßt, so genügt schon ein flüchtiger Blick, um zu erkennen, daß die Ausgaben für wissenschaftliche Unter-

suchungen auf diesem Gebiete, so hoch man diese Ausgaben auch bemessen mag, durch den zu erzielenden Gewinn hundertfältig wieder gedeckt werden. Die Notwendigkeit ausreichenden Kapitals für großangelegte Forschungsaufgaben ist aber erstes und letztes Erfordernis, wenn greifbare Erfolge in absehbarer Zeit erzielt werden sollen.

Wir können nicht weiter zusehen, wie jahraus, jahrein in unserer Landwirtschaft Milliardenwerte durch Tierseuchen verschlungen werden. Es ist ein Gebot der Stunde, durch planmäßige Forschungen großen Stils die verderblichen Tierseuchen energischer zu bekämpfen als bisher. Obwohl die bestehenden Institute im Laufe der Jahre die Seuchenforschung wesentlich gefördert haben, so sind sie doch nach Zahl, Aufbau und Einrichtung nicht ausreichend, um ausgiebige und tiefgründige, auf lange Sicht eingestellte Forschungsarbeit leisten zu können. Die meisten der Institute sind durch andere Aufgaben, die der Hochschulen und Universitäten durch solche in Anspruch genommen, wie sie der Unterricht mit sich bringt, die übrigen durch solche, wie sie die Veterinärbehörden und die praktische Tierseuchenbekämpfung stellen. Bis jetzt besteht noch kein Institut, das, unbeschwert von Nebenaufgaben, ausschließlich der Forschung dient, ihr von sich aus Ziel und Richtung, Aufgaben und Methoden vorschreibt. Und wenn auch zugegeben werden soll, daß vom Reich und von den einzelnen Staaten für Spezialzwecke auf dem Gebiete der Tierseuchenforschung Mittel zur Verfügung gestellt worden sind und werden, so sind diese doch, gemessen an der Schwierigkeit und an der Größe der vorliegenden Probleme und an den sehr beträchtlichen in Frage kommenden wirtschaftlichen Werten, viel zu gering.

Lassen Sie, diese Bitte richte ich an Sie, meine sehr verehrten Damen und Herren, die wärmenden Strahlen, die von der so segensreich wirkenden Notgemeinschaft ausgehen, auch weiterhin in unsere wissenschaftlichen Arbeitsstätten eindringen und gewähren Sie Ihre Unterstützung für ein auf breiter Grundlage aufgebautes wissenschaftliches Institut zur Erforschung der Tierseuchen. Die Mittel, die so angelegt werden, sind werbendes Kapital im wahrsten und besten Sinne des Wortes.

Sehr zu begrüßen wäre es, wenn die Errichtung des beantragten Instituts nicht zu lange verzögert würde. Je rascher vorgegangen wird, um so rascher werden die Früchte reifen und die Forschungsergebnisse zugunsten der Land- und Volkswirtschaft sich auswirken.

Bis jetzt ist die deutsche Wissenschaft auf dem Gebiete der Veterinärmedizin führend gewesen. Aber gerade in letzter Zeit machen Frank-

reich, Amerika und England große Anstrengungen, um an die Spitze zu kommen. Es wäre sehr zu bedauern, wenn Deutschland seinen Vorsprung, den es besonders seiner Tradition und seinem großen Vorrat an wissenschaftlich gut geschulten Kräften zu verdanken hat, nicht auch fernerhin einhalten könnte.

Notwendigkeit und Bedeutung der Förderung der Landwirtschaftswissenschaft, im besonderen der Tierzuchtforschung und Haustiergenetik, durch die Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft

Von Professor Dr. C. Kronacher, Hannover (jetzt Berlin-Dahlem)

Meine sehr verehrten Damen und Herren! Vor einem Kreise wie dem Ihrigen brauche ich wohl keine ausführlichen Darlegungen über die Bedeutung der deutschen Tierzucht und Tierhaltung in volkswirtschaftlicher, landwirtschaftlicher und privatwirtschaftlicher Richtung zu machen. Ich darf aber doch wohl zur nachdrücklichen Kennzeichnung der Verhältnisse darauf hinweisen, daß die Tierhaltung an der landwirtschaftlichen Gesamterzeugung mit etwa 65% beteiligt ist gegenüber dem Pflanzenbau, ausschließlich Obst und Gemüse, mit etwa 18—19%, daß aber ein großer Teil auch dieser letzteren Erzeugung noch durch die Tierhaltung zur Verwertung gelangt.

Der Wert der deutschen Viehbestände beträgt etwa 13 Milliarden Mark, die jährliche Produktion derselben etwa 9,3 Milliarden Mark; nimmt man noch die Arbeitsleistung der Rinder und der im Landwirtschaftsbetriebe beschäftigten Pferde im Gesamtwerte von etwa 3,5 Milliarden Mark hinzu, so erreicht der Wert der jährlichen Erzeugung tatsächlich den Wert des Bestandes selbst. Hieraus und an der Tatsache gemessen, daß der gesamte deutsche Handelsumsatz in Ein- und Ausfuhr 1925 nur 21,2 Milliarden Mark betrug, daß der Jahreswert der Gesamterzeugung des deutschen Bergbaues mit etwa 2½ Milliarden Mark angegeben wird, erhellt klar die außerordentliche Bedeutung der deutschen Nutztierhaltung für Land und Volk.

Wenn es fraglos unser Bestreben sein muß, von den etwa 4 Milliarden Mark, die jährlich für Nahrungsmittel ins Ausland gehen, weitgehendst für das eigene Volksvermögen ein-

zusparen und *diese Lebensmittel* nach Tunlichkeit der *Erzeugung im eigenen Lande zu entnehmen*, so kommen hierfür an erster Stelle die *animalischen Nahrungsmittel* in Betracht. Denn gerade die 790 (220 + 570) Millionen Mark, die *heute* noch für lebende Tiere, und zwar in der Hauptsache für *Schlachttiere*, dann für *Fleisch*, *Fett*, aber besonders auch für *Milch*, *Butter*, *Käse* ans Ausland gehen, sind bei richtigem Vorgehen ohne Frage durch Erzeugung im eigenen Lande einzusparen, aber auch der allergrößte Teil der etwa 400 Millionen Mark, mit denen wir jährlich allein noch für *Eier* und *sonstige Geflügelzuchterzeugnisse* unsere Einfuhr belasten.

Diese *Steigerung* der *eigenen Erzeugung* an *animalischen Nahrungsmitteln* im *Inlande* bis zur *Eigenversorgung* erscheint privatwirtschaftlich *nur möglich*, *aber* auch volkswirtschaftlich nur *wirksam*, wenn auf der einen Seite die *Rentabilität* der Erzeugung gesichert ist, auf der anderen Seite aber auch die Herstellung um einen für den Konsumenten durchaus *erschwinglichen*, tunlichst niedrig gehaltenen Preis möglich bleibt.

Von wichtigen Faktoren, wie zollpolitischen und finanziellen Maßnahmen, bester Unterrichtung und Beratung der Landwirtschaft, planmäßiger Organisation der Produktion und des Verkaufes der Produkte, *abgesehen*, auf die ich hier nicht näher einzugehen habe, erscheint das *Ziel* einer privatwirtschaftlich und volkswirtschaftlich tragbaren, vollkommenen oder fast vollkommenen *Eigenversorgung mit animalischen Nahrungsmitteln* in Deutschland an allererster Stelle *nicht* etwa abhängig von einer erheblichen weiteren *Steigerung der Zahl unserer Nutztierbestände*, sondern in der Hauptsache von einer *Durchschnittsleistungssteigerung der Einzeltiere* in den Beständen, und zwar *unbedingter* Art wie im Verhältnis zu den für die Produktion aufzuwendenden Mitteln.

Unsere deutschen Viehbestände haben den Vorkriegsstand gerade bei den wichtigsten Tiergattungen, mit Ausnahme der Schweine, ganz oder fast vollkommen wieder erreicht mit bestimmten Verschiebungen innerhalb der einzelnen Klassen bestimmter Tiergattungen. Eine *Vermehrung der Zahl* ist, *zumal* unter den heutigen allgemein gespannten und recht trostlosen Wirtschaftsverhältnissen der Landwirtschaft, teilweise nicht mehr, teilweise nur unter ganz be-

stimmten Voraussetzungen möglich; denn einmal lassen sich vielfach normalerweise überhaupt nicht mehr Tiere bestimmter einzelner Tiergattungen, vor allem Rinder, in die Betriebe einfügen, zum andern steigen auch dort, wo die Möglichkeit einer gewissen Vermehrung der Bestände besteht, vielfach die Kosten für die erhöhte Zahl unverhältnismäßig stärker als der durch die Mehraufstellung erzielte Mehrertrag. Somit bleibt im allgemeinen **nur** eine Steigerung der animalischen Erzeugung durch Steigerung der Durchschnittsleistungen unserer Nutztierbestände ohne Steigerung, ja nach Möglichkeit sogar unter Verminderung der hierfür zu machenden Aufwendungen übrig. Hierbei ist unter Steigerung der Leistungen ebenso eine Steigerung der Konstitution und Gesundheit wie der Wachstumsfähigkeit, Frühreife, Futterverwertungsfähigkeit, Zug- und Laufleistung, Milch- und Milchfettleistung, Fleischleistung, des Wolle- und Eierertrages usw. zu verstehen. Es ist, um nur ein paar Beispiele zu nennen, ohne Frage möglich, den Durchschnittsmilchertrag je Kuh und Jahr in Deutschland um 400—500 kg, dabei aber auch die Durchschnittsfettleistung um ein paar Zehntel Prozent zu steigern, den Eierertrag pro Henne um 40—50 Stück jährlich zu erhöhen, Wachstum, Frühreife und Fleischbildungsanlage bei den Schweinen noch erheblich zu steigern und dadurch die Mast noch um einige Wochen zu verkürzen und zu verbilligen und weitere ähnliche Erfolge in der Nutzung unserer Tierbestände mehr zu erzielen.

Die Wege hierzu sind auf der einen Seite allenthalben geübte planmäßigste Zuchtwahl zum Zwecke allgemeiner Verbreitung der für die Nutzung vorteilhaftesten Erbanlagen, auf der anderen Seite rationellste Ausbildung und Ausnutzung dieser Anlagen auf dem Wege der Aufzucht, Fütterung, Haltung, Pflege und Nutzung der Tiere.

Für die Schaffung immer sicherer Grundlagen der Zuchtwahl gilt es deshalb gründliches Studium der Erbanlagen unserer Haustiergattungen, -rassen und -stämme unter Auswertung der Allgemeinerkenntnisse der neuzeitlichen Vererbungslehre, den Ausbau unserer heute noch geringen Spezialerkenntnisse über Bedingung und Erbgang wich-

tiger Leistungsanlagen bei den Haustieren an Hand des Versuches, planmäßigen Ausbaues der Leistungsprüfungen aller Art, sachgemäßer Herdbucheintragungen und ihrer genetischen Verwertung wie der wissenschaftlichen Auswertung des sonst aus der Praxis zufällig anfallenden Materials zu fördern. Eine ungeheure, schwierige, langfristige, im ganzen aber doch nicht unlösbare und für ihre praktische Auswertung und Auswirkung sehr vielversprechende Aufgabe, die uns unsere Rassen und Zuchten erst in ihrem wahren Werte und ihren vollen Nutzungsmöglichkeiten erkennen ließe und zu nachhaltigerer wirtschaftlicher Ausbeute in die Hand gäbe. Ich nenne vom Allerwichtigsten nur das Studium der bedingenden Erbfaktoren der Milch- und Milchfettleistung und ihres Erbganges, der Leistungsformen bei den einzelnen Schweinerassen, der Legeleistung bei den Hühnern, der Anlagen zu Frühreife und Wachstum bei den verschiedensten Tiergattungen und -rassen, die Feststellung der Erbfehler der Haustiere und dergleichen mehr.

Zu Zwecken der Vererbungsstudien wie vor allem zu unmittelbarer Steigerung der Nutzung unserer verschiedenen Haustiergattungen werden wir dabei vor allem eingehend die organären und funktionären Grundlagen der wichtigsten Nutzungseigenschaften und ihre Beeinflussungsmöglichkeiten auf dem Wege der Fütterungs-, Haltungs- und Nutzungsmaßnahmen zu untersuchen haben.

Im besonderen gilt es hier das große Problem der Konstitution aufzuhellen, die Kennzeichen ihres äußeren Ausdruckes und ihrer Zusammenhänge mit den bedeutsamsten Leistungen der verschiedenen Tiergattungen zu untersuchen, näher in das Getriebe der innersezernierenden Drüsen und ihre Auswirkungen auf Form und Leistung der Haustiere einzudringen, unsere Kenntnisse über Beschaffenheit und Bedeutung des Blutbildes und der Blutzusammensetzung bei verschiedenen Leistungsarten zu erweitern, etwa kennzeichnende Rassen- und Individualunterschiede in dieser Richtung festzustellen, die Funktion von Haar und Haut für den Gesamtorganismus noch eingehender kennenzulernen und ähnliche Fragen mehr zu lösen. Auch

das Wachstum bei den einzelnen Tiergattungen und Rassen wie seine günstigste Beeinflussung in verschiedenen Stadien durch gewisse Einwirkungen der Ernährung und Haltung, die Sekretion der Milch in allen ihren bedingenden Faktoren und ihre Beeinflussungsmöglichkeiten, die Zusammenhänge von Form und Leistung, hierunter auch die skelettmechanischen Verhältnisse beim Pferde und ihre Zusammenhänge mit der Spezialleistung, die Möglichkeit unmittelbarer Beeinflussung der Konstitution und Leistung der Haustiere nach bestimmten Richtungen auf dem Wege natürlicher und künstlicher Einverleibung gewisser anorganischer Stoffe nach Art des Jods, aber auch etwaiger Verwendung künstlich hergestellter Präparate aus innersezernierenden Drüsen, um nur einige ganz wenige bedeutsame Probleme in dieser Richtung anzudeuten, bedürfen noch besonders gründlichen Studiums.

Wenn ich anschließend nur noch auf das Heer wissenschaftlicher Fragen auf dem Gebiete der Ernährung unserer Haustiere und ihre ungeheuere Bedeutung für den Betriebserfolg wie die Preise der Erzeugnisse hinweise, auf die Fragen der verschiedenen Wertigkeit des Eiweißes, die Fragen des jeweils besten Nährstoffverhältnisses für die einzelnen Produktionszweige, die Vitamin- und Mineralstoffwechselfrage, ebenso wie auf die zahlreichen ungelösten Fragen der Ätiologie und Bekämpfung der unsere landwirtschaftliche Tierhaltung so schwer schädigenden Seuchen, Probleme, die von anderer Seite behandelt werden, so habe ich damit wohl die gewaltigen Aufgaben der Wissenschaft auf diesem Gebiete, aber auch die ungeheure wirtschaftliche Bedeutung der Lösung dieser Probleme in ganz kurzen Zügen nachdrücklich aufgezeigt.

Sollen sie in zähem Kampfe mit den Rätseln des tierischen Organismus einer glücklichen Lösung entgegengeführt werden, so bedürfen die zu ihrer Lösung berufenen angewandten Wissenschaften, in diesem Falle besonders die Tierzuchtwissenschaft und Haustiergenetik sowie die Ernährungsphysiologie, die hier in ihren gewaltigen volkswirtschaftlichen Aufgaben bestimmt vollwertig an die Seite der sogenannten allgemeinen und absoluten Wissenschaften treten können

und müssen, weitgehendster Förderung seitens aller dazu berufenen Stellen.

Wir besitzen in Deutschland heute bereits eine größere Anzahl zu diesen Forschungen bestimmter und geeigneter, teilweise gut eingerichteter Institute; eines, dann wohl das größte der für züchtungsbiologische und haustiergenetische Forschung bestimmten, ist in Berlin-Dahlem unter meiner Leitung in Vorbereitung, ein paar andere, vor allem ein Institut für wissenschaftliche Geflügelzuchtforschung, sind meines Wissens seitens der Notgemeinschaft Deutscher Wissenschaft geplant, weitere, so ein großes Institut für Tierernährung, werden folgen müssen.

So dankenswert und hochanerkennenswert nun an sich die Fürsorge der einzelnen Länder, an erster Stelle Preußens, für seine bestehenden und in der Entstehung befindlichen Institute dieser Art ist, so sind sie mit den haushaltmäßigen und vielfach auch außerordentlich genehmigten Mitteln doch zumeist nicht vollauf in der Lage, ihre Institutseinrichtungen für die Lösung großer Einzelprobleme immer voll auszunutzen oder auch apparativ voll ausreichend auszugestalten. Vor allem ist es vielfach unmöglich, neben den erforderlichen kostspieligen Spezialapparaten die Kosten für die unbedingt erforderlichen zahlreichen wissenschaftlichen Hilfsarbeiter, die Materialbeschaffung und die nicht immer geringen Reise- und Unterhaltungskosten des wissenschaftlichen Personals bei den auswärts betriebenen Forschungen aufzubringen. Wir müssen aber doch endlich einmal aufhören, bloß die Erfahrungen an kleinen Versuchstieren sinngemäß auf die Haustiere umzuwerten, sondern wir müssen mit Haustiermaterial im Versuch selbst arbeiten und vor allem das bedeutsame Material der Praxis, das ja immer die gewaltigsten Versuche bedeutet, unmittelbar im großen für die Forschung auswerten.

Zu alle dem gehören aber neben einer einheitlichen, die Grundgedanken propagierenden Zentrale vor allem Mittel, zum Teil sehr große Mittel. Bisher hat dankenswerterweise die Notgemeinschaft Deutscher Wissenschaft bereits versucht, in besonderen Einzelfällen verschiedenen Forschern und Instituten im Rahmen der gebotenen Mög-

lichkeiten Mittel zur Verfügung zu stellen. Die Anforderungen an die Notgemeinschaft werden bei der außerordentlichen Zahl und dem großen Umfange der schwierigen Probleme in den kommenden Jahren und Jahrzehnten außerordentlich steigen, zumal ja die Notgemeinschaft von jetzt ab erst beginnen will, die wissenschaftliche Arbeit in der Landwirtschaft in großem Ausmaße zu fördern. Über die bittere Notwendigkeit hierzu ist wohl bei der wirtschaftlichen Lage Deutschlands und der deutschen Landwirtschaft kein Wort zu verlieren. Ausgiebige finanzielle Unterstützung der Notgemeinschaft durch das Reich auch für Erfüllung solcher Zwecke der wissenschaftlichen Tierzuchtforschung und Haustiergenetik bedeutet deshalb die Unterstützung der Lösung nicht bloß wissenschaftlicher, sondern auch fundamentaler volkswirtschaflicher Aufgaben, jeder Pfennig an die Notgemeinschaft in diesem Sinne ist ein zinstragender Beitrag zur Festigung der Grundlagen unserer Land- und Volkswirtschaft, aber durch Vermehrung und Verbilligung der animalischen Nahrungsmittel im Lande auch zur Steigerung unserer **Volksgesundheit und Volkskraft.**

Die praktische Bedeutung der wissenschaftlichen Arbeit auf dem Gebiete der Pflanzenzüchtung

Von Professor Dr. E. Baur, Berlin-Dahlem

Wenn wir heute von der gleichen Ackerfläche ungefähr doppelt soviel ernten als man bei uns vor etwa einem Jahrhundert geerntet hat, so liegt das zum Teil daran, daß wir heute den Boden besser bearbeiten und besser düngen, zum Teil aber auch daran, daß wir heute leistungsfähigere Sorten anwenden. Wie groß der Anteil der Pflanzenzüchtung daran ist, ergibt sich daraus, daß, wenn wir primitive Rassen, wie sie vor 100 Jahren noch ganz ausschließlich angebaut wurden, mit den heutigen besten Methoden anbauen und düngen, wir nur etwa 1½mal soviel ernten als im Durchschnitt vor 100 Jahren. Daraus folgt, daß die noch fehlenden 50% der Ertragssteigerung auf die Verwendung besserer Sorten zurückzuführen sind. Mit anderen Worten: Durch die Ergebnisse der Pflanzenzüchtung sind unsere Ernteerträge im Laufe von 100 Jahren um 50% gesteigert worden. Es gibt wenige Gebiete der Landwirtschaft, wo sich in ähnlich klarer Weise der Einfluß von wissenschaftlicher Arbeit auf die wirtschaftlichen Ergebnisse feststellen läßt.

Auch weiterhin ist eine beträchtliche Verbesserung unserer Kulturpflanzen und damit eine gesteigerte Leistungsfähigkeit noch möglich, und noch mehr als früher wird heute die Pflanzenzüchtung wissenschaftlich betrieben, ja, man kann geradezu sagen, daß jeder Fortschritt in der theoretischen Vererbungswissenschaft sich praktisch in der Pflanzenzüchtung auswirkt, und es soll meine Aufgabe sein, Ihnen an Hand einiger weniger Beispiele zu zeigen, wie auf diesem Gebiete Wissenschaft und Praxis zusammen arbeiten.

Die experimentelle Arbeit hat uns gezeigt, daß die einzelnen Eigenschaften der Pflanzen und der Tiere ganz unabhängig voneinander vererbt werden. Wenn man zwei Rassen miteinander kreuzt, die sich in vielen verschiedenen Eigenschaften voneinander unterscheiden, dann treten in der Enkelgeneration alle möglichen Kombinationen der ursprünglich auf die beiden Rassen verteilten Eigenschaften auf. Und

wir können so uns Individuen und weiterhin Rassen verschaffen, welche die Kombinationen von **nur** guten Eigenschaften darstellen. Auf diesem Wege, den man heute als Kombinationszüchtung bezeichnet, ist z. B. die Lösung einer Aufgabe möglich, die für uns von außerordentlich großer Wichtigkeit ist, nämlich die Züchtung von meltau- und reblausimmunen Direktträgern bei Reben. Wir geben heute jährlich viele Millionen Mark allein schon für Bekämpfung der Meltaukrankheiten durch Spritzen u. dgl. aus. Nun gibt es aber in Amerika Wildreben — allerdings mit sehr schlechten Beereneigenschaften —, die völlig immun gegen Meltau und Reblaus sind. Und es ist auf Grund von Laboratoriumsexperimenten mit der allergrößten Wahrscheinlichkeit voraus zu sagen, daß bei der Kreuzung unserer besten Rebensorten mit diesen amerikanischen Wildarten Pflanzen herauskommen müssen, welche die Idealkombination, d. h. Reblaus- und Meltauimmunität und **dazu** die guten Beereneigenschaften unserer Sorten, verkörpern. Man wird so vorgehen müssen, daß man zunächst die Bastarde herstellt und dann aus diesen die nächste Generation in einer möglichst großen Individuenzahl heranzieht. Um mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit die gewünschten Typen zu finden, wird man allerdings einige Millionen von Rebensämlingen der zweiten Bastardgeneration heranziehen und durchprüfen müssen. Die Ausführung einer derartigen Kombinationszüchtung bei Reben kostet deshalb auch mehrere 100000 Mark, **aber diese Ausgabe macht sich ja sofort dadurch bezahlt, da dann später die laufenden Millionenausgaben für Bekämpfung von Meltau und Reblaus überflüssig werden.** Es wäre also eine unbegreifliche Kurzsichtigkeit, wenn man nicht diese Aufwendungen machen wollte.

Dann ein anderes Beispiel. Ein beträchtlicher Teil unseres Außenhandelsdefizits rührt daher, daß wir gezwungen sind, jährlich sehr große Mengen von Eiweißfuttermitteln aus dem Auslande einzuführen. Diese unerwünschte Einfuhr würde wegfallen, wenn wir mit Hilfe einer geeigneten Kulturpflanze diese Eiweißfuttermittel im Inlande erzeugen könnten. Diese Möglichkeit besteht aber. Wir haben eine Eiweiß produzierende Pflanze, deren Anbau bei uns noch sehr ausdehnungsfähig wäre, in der Lupine. Aber die heutigen Lupinensorten enthalten alle eine Reihe von bitterschmeckenden und stark giftigen Stoffen und sind nicht ohne weiteres als Futtermittel verwendbar. Es ist nun aber einem meiner Mitarbeiter gelungen, auf dem Wege der

Züchtung zunächst von gelben Lupinen eine Rasse herzustellen, welche vollkommen frei von diesen unerwünschten Stoffen ist. Es wird voraussichtlich möglich sein, durch die Einführung dieser neuen Sorte so beträchtliche Mengen stark eiweißhaltigen Futters zu erzeugen, daß wir praktisch in dieser Richtung fast unabhängig vom Auslande werden.

Dann noch ein drittes Beispiel. Wir importieren jährlich in den Frühjahrsmonaten vom Februar ab je für etwa 50 Millionen Mark ausländische Frühkartoffeln. Es ist aber nach einer im Laufe des letzten Jahres in meinem Institut ausgeprobten Methode möglich, im Herbst geerntete junge Kartoffeln mit sehr geringen Kosten so zu konservieren (Einlagerung bei ganz bestimmten Temperaturen in besonderen Kühlanlagen), daß sie in den Monaten Januar—April von frisch geernteten ausländischen Frühkartoffeln nicht zu unterscheiden sind. Auch hier muß wieder züchterische Arbeit mit dem Ausbau der Konservierungsmethode Hand in Hand gehen, weil Frühkartoffeln von der Form und dem Geschmack, wie sie bei uns in den Frühjahrsmonaten gekauft werden, im Herbst nicht geerntet werden können. Man müßte diese Frühkartoffelsorten schon vom Juli ab in den Kühlkellern einlagern, und das würde zu teuer werden. Es ist nun aber ohne weiteres möglich, auf dem Wege der Züchtung ganz spät im September oder Anfang Oktober reifende Kartoffelsorten herzustellen, welche in Form, Farbe und Geschmack ganz unseren Frühkartoffeln entsprechen. Und wenn diese Kartoffeln im Herbst kurz vor der Reife geerntet und nach der neuen Methode in die Kühlkeller eingelagert werden, dann sind sie in den Frühjahrsmonaten den heute aus Algier, Malta, Marokko und von den Kanarischen Inseln eingeführten Kartoffeln völlig gleichwertig, bei einigermaßen sorgfältiger Behandlung sogar wesentlich frischer und besser.

Das sind so einige Beispiele, aus denen Sie sehen können, wie stark die Mittel sich bezahlt machen, die heute zur Durchführung von wissenschaftlichen Arbeiten verwendet werden und wie falsch ein Sparen hier wäre. Dasselbe gilt aber auch für wissenschaftliche Arbeiten, die nicht ganz so unmittelbar sich praktisch auswirken. Auch hierfür will ich Ihnen nur ein Beispiel geben:

Wir wissen schon lange, daß bei Pflanzen und Tieren immer wieder „spontan" neue, weiterhin erbliche Eigenschaften auftreten. Wir hatten aber bisher keine Möglichkeit, willkürlich das Auftreten von solchen neuen Eigenschaften hervorzurufen. Erst die Versuche der letzten Jahre haben gezeigt, daß durch Einwirkung von Röntgenstrahlen, ebenso durch

Einwirkung von hohen oder niederen Temperaturen, durch gewisse Chemikalien und auch noch auf andere Weise tatsächlich eine solche erbliche Variation hervorgerufen werden kann. Bisher sind diese allerneuesten Ergebnisse der experimentellen Forschung noch nicht für die züchterische Praxis ausgenutzt; daß sie es werden, ist aber nur eine Frage der Zeit, und es wird in allen Kulturländern auf diesem Gebiet ganz intensiv gearbeitet. Ganz besonders intensiv ist die wissenschaftliche Arbeit auf dem Giebte der Züchtungsbiologie in den Vereinigten Staaten von Nordamerika, und was vielleicht viele von Ihnen überraschen wird, in Rußland, wo für alle diese Probleme sehr viel größere, besser eingerichtete und besser dotierte Institute zur Verfügung stehen als bei uns. Daß wir in Deutschland auf diesem Gebiete nicht ins Hintertreffen geraten, muß unsere stete Sorge sein, und gerade hier sind erfreulicherweise in den letzten Jahren beträchtliche Reichsmittel eingesetzt worden. Verfassungsgemäß ist ja Förderung von Wissenschaft und Unterricht nicht Reichssache, sondern Sache der Bundesstaaten; aber gewissermaßen werden doch indirekt durch Mittel des Reiches alle diese Arbeiten sehr intensiv gefördert durch Beträge, welche vom Reich der *Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft* und der *Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften* zufließen. Alle die vorhin Ihnen als Beispiele erwähnten Untersuchungen meines Instituts, dessen Etat ja zur Hälfte aus *Reichsmitteln* besteht und dessen Bau auch zu einem beträchtlichen Teil durch das *Reich* finanziert wurde, wäre ohne diese Reichszuschüsse von vornherein unausgeführt geblieben. Und ebenso hätten auch alle diese Versuche nicht durchgeführt werden können, wenn nicht die Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft durch Hergabe der erforderlichen teuren *Instrumente*, wie z. B. eines vollständigen Röntgenlaboratoriums, von Zentrifugen, Mikroskopen und vielen anderen Instrumenten, geholfen hätte. Vielleicht werden Sie sagen, daß alle diese Zuwendungen ja auch auf dem Wege durch die Bundesstaaten möglich gewesen wären, aber das ist doch *nicht* der Fall. Denn wenn wir irgendwelche besonderen Mittel für einzelne Versuche oder besonders hohe Beträge zur Anschaffung von bestimmten plötzlich notwendig werdenden großen Apparaten auf dem üblichen Wege durch die Etats der einzelnen Staaten bekommen würden, dann würde im allgemeinen immer so viel Zeit verlorengehen, daß ein ersprießliches Arbeiten unmöglich wäre. Die sofort verfügbaren Dispositionsfonds der einzelnen bundesstaatlichen Ministerien sind viel zu gering, und

die sofortige Einsetzung von Mitteln für besondere Zwecke ist auf diesem Wege nicht möglich. Diese Lücke füllt heute in glänzender Weise die Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft aus, und deshalb muß unter allen Umständen diese so außerordentlich segensreiche Einrichtung, die ja ursprünglich nur aus der Not der Inflationsjahre heraus entstanden ist, dauernd beibehalten und systematisch weiter ausgebaut werden.

Über Aufgaben der medizinischen Entomologie

Mit 11 Abbildungen im Text

Von Professor Dr. Albrecht Hase, Berlin-Dahlem

Vorbemerkungen, Entstehung und Zweck der Schrift

Die vorliegende Schrift ist auf eine Anregung von seiten der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft entstanden. Ihr Zweck im allgemeinen ist damit bestimmt. Es soll einem größeren Kreise — also nicht nur Fachgelehrten — dargetan werden, wie durch Unterstützung von seiten der Notgemeinschaft ein Arbeitsgebiet gefördert wurde, und daß auf Grund dieser Unterstützung auch Ergebnisse erzielt wurden. Ohne die materielle Förderung durch die Notgemeinschaft hätten die Arbeiten, über die hier berichtet wird, überhaupt nicht ausgeführt werden können. Wenn ich als Sachbearbeiter über Aufgaben, Probleme und einige Ergebnisse meines Arbeitsgebietes — es betrifft das der medizinischen Entomologie — berichte, so geschieht es auch deshalb, um einer einfachen Dankespflicht zu genügen. Außer diesem vornehmlichsten Zweck verfolgen meine Zeilen noch zwei weitere Ziele.

Einmal soll ein größerer Leserkreis mit den Arbeitsweisen und einigen Problemen eines biologischen Sondergebietes vertraut gemacht werden, soweit es der verfügbare Raum zuläßt. Die diesbezüglichen Darlegungen — das gilt für das Ganze — setzen deshalb zu ihrem Verständnis keine eingehenderen Fachkenntnisse auf dem behandelten Sondergebiete voraus. Im Gegenteil! Es soll gerade den Nichtfachleuten die Wichtigkeit eines Gebietes an Hand der erörterten Probleme und Beispiele dargetan werden. Dieses Ziel ist nur erreichbar, wenn sich die Darstellung frei von Dingen hält, die nur durch Fachstudien bekannt sein können. Der weitere Zweck, welcher verfolgt wird, ist, zu zeigen, wie viele Fragen, auch solche von weittragender volksgesundheitlicher Bedeutung, auf diesem Gebiete noch als „offene" zu betrachten sind, und wie wichtig es ist, weiterzuarbeiten und nicht bei den ersten, schüchternen Ergebnissen stehenzubleiben. Die Fortschritte der wissenschaftlichen Erkenntnisse werden sich, wenn auch nicht von heute auf morgen, so doch in einiger Zeit

mit Sicherheit zum Wohl des Volksganzen — besonders der Volksgesundheit — geltend machen.

Es besteht die Hoffnung, daß die Notgemeinschaft den Forschern, welche sich auf dem Gebiete der medizinischen Entomologie (sie bildet einen wichtigen Teil der angewandten Entomologie überhaupt) betätigen wollen, auch ferner ihre Hilfe nicht versagen wird.

Daß die Notwendigkeit besteht, hier helfend einzugreifen, ist in den Berichten der Notgemeinschaft wiederholt betont worden. Bereits im vierten Bericht der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft (umfassend 1. April 1924 bis 31. März 1925) ist in dem Abschnitt, der die Forschungsaufgaben behandelt, unter Absatz G (S. 122) vom Präsidenten der Notgemeinschaft, Exzellenz Dr. Schmidt-Ott, etwa folgendes hervorgehoben worden: «daß ganz eigenartige Aufgaben auf dem Gebiete der angewandten Entomologie vorliegen» und «daß der Lebensweise und den Lebensbedingungen der blutsaugenden und Krankheiten übertragenden Insekten mit neuen Methoden nachgegangen werden muß».

Auch im fünften Bericht der Notgemeinschaft (1926) ist in dem Abschnitt, der die Denkschriften behandelt, bei dem Absatz VII über die angewandte Entomologie (S. 337ff.) von neuem darauf hingewiesen worden, «daß medizinisch-hygienisch schädliche Insekten (Parasiten, Krankheitsüberträger usw.) einer eingehenden Bearbeitung bedürfen». Es wird in dem Absatz ferner betont, «welche große Lücken auf diesem Gebiete auszufüllen sind und daß das bisher Erreichte nur als ein Anfang angesehen werden kann».

Wörtlich wird weiterhin gesagt (S. 337): „Das Gebiet der angewandten Entomologie ist so groß und vielseitig und ihre Aufgaben zum Teil so schwierig und kompliziert, daß noch weit mehr Mittel und Kräfte mobil gemacht werden müssen, um in absehbarer Zeit größere Erfolge erzielen zu können." Wie aus den Berichten der Notgemeinschaft hervorgeht, fehlt es also nicht an der Einsicht, daß in der medizinischen Entomologie Aufgaben von weittragender Bedeutung einer Bearbeitung bedürfen, und zwar einer Bearbeitung, die auf Grund neuer Verfahren und Methoden nach Erkenntnissen ringt.

Das ganze Gebiet der medizinischen Entomologie selbständig zu bearbeiten, ist dem einzelnen heute unmöglich, wie es heute noch unmöglicher ist, das gesamte Gebiet der angewandten Entomologie zu beherrschen.

Dem einzelnen Fachvertreter bleibt gegenüber dieser Gesamtlage

nur übrig, das Teilgebiet, in dem er bisher tätig war, und in dem er über einige Erfahrungen und Kenntnisse verfügt, weiter auszubauen. Mit anderen Worten: Die Forschungen des einzelnen müssen sich zunächst auf Teilfragen konzentrieren, nicht aber, um sich in diesen zu verlieren, sondern um von den neu gewonnenen Kenntnissen aus die allgemeineren Probleme mit in Angriff nehmen zu können.

Meine Ausführungen können gewissermaßen als das Programm einer großen, langfristigen Arbeit gelten. Ihre Quellen gehen bis in die Kriegszeit zurück (s. weiter unten). Die Fortführung der damals geplanten Untersuchungen war nur durch Notgemeinschaftshilfe möglich. Es soll ferner bei den programmatischen Darlegungen unter Hinweis auf neue Ergebnisse auch noch gezeigt werden, daß vielerlei allgemeine Probleme hier verknüpft sind, und daß sich immer neue und reizvolle Fragestellungen ergeben. Sei es, daß man als Entomologe und Parasitologe — wie ich — an diese Fragen herantritt, sei es, daß man als Serologe, Dermatologe, Pharmakologe oder Hygieniker sich mit ihnen beschäftigt. Das Problem, welches einer Durchdringung bedarf, ist ungemein vielseitig, und es hat, in diesem Sinne, den Charakter einer Gemeinschaftsaufgabe.

Einleitung: Über Stellung und Aufgaben der medizinischen Entomologie im allgemeinen, sowie über die hygienische Bedeutung blutsaugender und Krankheiten übertragender Insekten

Zum Verständnis des Ganzen sei das Gebiet und die Aufgabe der angewandten Entomologie im allgemeinen und das der medizinischen Entomologie im besonderen kurz umrissen:

Die angewandte Entomologie beschäftigt sich mit Insekten bzw. mit Gliedertieren, die durch ihre Tätigkeit oder ihr Vorkommen in irgendeiner Weise schädigend oder nützend dem Menschen oder seiner Wirtschaftsführung gegenübertreten.

Eine Aufteilung der angewandten Entomologie in Untergebiete ist somit durch praktische Erwägungen und Notwendigkeiten unerläßlich. Mit Recht trennt und behandelt man z. B. die Forstentomologie, die landwirtschaftliche und die medizinische Entomologie gesondert. Auch innerhalb der landwirtschaftlichen Entomologie trennt man — auch aus praktischen Gründen — die einzelnen Gebiete, indem man z. B. die Schädlinge des Kartoffelbaues, des Weinbaues, des Getreidebaues und

des Rübenbaues in der Regel zusammenfassend behandelt. Doch darf nicht vergessen werden, daß die großen, allgemeinen Probleme, wie das der Temperaturwirkung, der Ernährung, der Fortpflanzung, grundsätzlich für alle Formen Geltung haben, gleichgültig, ob es sich um Insekten oder Gliederfüßler handelt, die wir, aus rein praktischen Erwägungen, zu den Weinbauschädlingen oder zu den Getreideschädlingen oder — um auf die medizinische Entomologie zurückzukommen — zu den Gesundheitsschädlingen (Parasiten) rechnen.

Nach den oben gegebenen Begriffsbestimmungen beschäftigt sich die medizinische Entomologie mit allen den Insekten oder Gliedertieren, die erstens den Menschen und zweitens den Tierformen, welche der menschlichen Wirtschaft in irgendeiner Weise dienen, schädigend oder nützend gegenübertreten. Der Unterschied zwischen Humanmedizin und Veterinärmedizin tritt somit in den Hintergrund, schon deshalb, weil manche der unter obigen Begriff fallenden Insekten oder Gliedertiere sowohl Menschen als auch Haustiere (oder die der menschlichen Wirtschaft nützenden Wildtiere) schädigend angreifen. Als Beispiel seien nur die Stechfliegen und Stechmücken genannt. Eine Aufteilung des Stoffes ist aber auch in der medizinischen Entomologie notwendig. Müßig ist ein Streit darüber, in welcher Weise eine Teilung am praktischsten durchgeführt wird, denn das hängt ganz davon ab, welche didaktischen, methodischen oder sonstigen Zwecke die Teilung der Arbeitsgebiete erstrebt.

Praktisch — weil für den Nichtfachmann mit am übersichtlichsten — ist es, hier zu unterscheiden zwischen:

1. Insekten und Gliedertieren, die selbst eigentümliche, allgemeine Krankheiten erregen oder doch schwere, an bestimmten Körperstellen auftretende Krankheitserscheinungen verursachen, und
2. Insekten und Gliedertieren, die selbst nur geringere Krankheitserscheinungen verursachen, die aber eigentümliche, schwere Krankheiten übertragen.

Daß es Insekten gibt, die man mit Recht jeder der beiden Gruppen zuteilen kann, soll hier nicht der Gegenstand von Erörterungen sein, wie es sich in dieser Schrift überhaupt nur um allgemeine Richtlinien handeln kann und nicht um die Erörterung von Spezialfällen.

Formen, die vornehmlich zur ersten Gruppe gehören, sind z. B. die Räudemilben der Haustiere, die Krätzmilben der Menschen, die Dassel-

fliegen der Rinder und Renntiere, die tropischen Nesselraupen und die ebenfalls in tropischen und subtropischen Ländern vorkommenden Skorpione, Giftspinnen und Tausendfüßler und die auch bei uns allbekannten Wespen und Bienen.

Formen, die man der zweiten Gruppe zurechnet, sind die Stechmücken, Stechfliegen, Bremsen, Wanzen, Läuse, Flöhe, Zecken. Ihre Gefährlichkeit beruht im wesentlichen darauf, daß sie Menschen — oder Haustiere — angreifen zum Zwecke des Blutsaugens. Alle diese Formen sind durchgängig Schmarotzer, und bei ihrem Stech- und Saugakt können sie die eigentlichen Krankheitserreger übertragen. Es genügt, darauf hinzuweisen, daß Läuse Fleck- und Rückfallfieber, Flöhe die Pest, Mücken Malaria, Gelbfieber und Schwarzwasserfieber, Stechfliegen und Bremsen die Schlafkrankheit und andere schwere tropische Krankheiten übertragen, um die gesundheitliche und damit wirtschaftliche Bedeutung dieser Formen zu kennzeichnen.

Aber auch in den Fällen, wo schwere Nacherkrankungen den Stich dieser Schmarotzer nicht oder nicht immer begleiten, sind sie als blutsaugende Schmarotzer von besonderer Bedeutung, zumal man ja zunächst nie weiß, ob ihr Stich ungefährlich ist.

Ihre Zudringlichkeit, ihre weltweite Verbreitung, ihre Massenhaftigkeit machen sie mit Recht zur allgemeinen, gefürchteten Landplage. Erinnert sei nur an die „Rheinschnacken"-Plage und an die Plage der Stechmücken in den deutschen Ostseebädern. Man sieht, letzten Endes hat n i c h t n u r d e r P a r a s i t o l o g e mit diesen Formen zu tun, s o n d e r n j e d e r m a n n! Es gibt keinen Menschen, der nicht irgend einmal von einem Insekt gestochen wurde.

Sich mit den blutsaugenden Insekten zu beschäftigen, ist also aus genannten Gründen notwendig. Vor allem ist es unerläßlich, den Vorgang genau zu kennen, durch welchen sie mit den Menschen in unmittelbare Berührung kommen, nämlich dem Stech- und Saugakt. Im günstigsten Falle ist er zum mindesten quälend, im ungünstigen Falle werden krankmachende oder gar totbringende Erreger durch den Stechakt einverleibt.

Wenn in den Berichten der Notgemeinschaft gesagt wird, daß den Lebensbedingungen der blutsaugenden Insekten mit neuen Methoden nachgegangen werden muß, so hat das seine volle Berechtigung. Von den mannigfachen Lebensbedingungen bzw. Lebensäußerungen dieser Formen soll hier zunächst nur auf eine näher eingegangen werden, nämlich auf den Stech- und Saugakt und seine Begleiterscheinungen.

Alles andere, was sonst noch wichtig ist zu behandeln, würde viel zu weit führen. Daß er einer ganz eingehenden wissenschaftlichen Bearbeitung bedarf, ist klar. Eine Mücke, die irgendwo im Walde schwärmt, ist für uns zunächst bedeutungslos. Bedeutung erlangt sie in dem Augenblick, wo sie einen Menschen als Wirt wählt, d. h. ihn angreift, sich auf der Haut niederläßt, sticht und Blut saugt. Der Stech- und Saugakt ist der Berührungspunkt beider Lebewesen. Welche unheilvollen Folgen er bei Gelbfieber- oder Malariamücken haben kann, ist bekannt, denn die betreffende Mücke kann ja mit den Krankheitskeimen angefüllt sein, die sie beim Stechen den Menschen einimpft. Durch diese Tatsachen wird es immer wieder deutlich, welche überragende Bedeutung gerade dieser Lebensäußerung der blutsaugenden Insekten zukommt. Nun wissen wir: Viele der krankheitsübertragenden Insekten und Gliedertiere (z. B. Zecken) bedürfen unbedingt der warmen Blutnahrung, wenigstens zu bestimmten Zeiten. Es liegt in dieser Tatsache schon ein großes praktisches Problem verankert, nämlich das: Kann man den Angriff der stechlustigen Insekten abwehren? Diese praktische Aufgabe ist aber nur lösbar, wenn eine Vorfrage von weitem Umfange gelöst ist, und zwar die: Wie finden blutsaugende Insekten den ihnen zusagenden Wirt, sei es Mensch oder Tier.

Letztere Frage greift tief in sinnesphysiologische Probleme ein, zu deren Lösung die ersten tastenden Versuche unternommen wurden. Soll also der Stech- und Saugakt verhindert werden (als praktisches Ziel der Forschungen), so müssen Zustandekommen, Ablauf und unmittelbare Folgen dieses Vorganges zunächst aufs genaueste bekannt sein. Diese Tatsachen zeigen mit aller Deutlichkeit, daß es nicht wissenschaftliche Eigenbrötelei ist, wenn wir seine Wichtigkeit immer wieder betonen.

Um aus dem Ganzen einen Ausschnitt zu geben, der auch Fernerstehenden die Notwendigkeit dieser parasitologischen Untersuchungen näherbringen soll, wähle ich die Darstellung dieses Vorganges. Ich werde an der Hand einiger Beispiele zeigen, wie vieles hier noch unbekannt ist, welches die neuen Methoden der Erforschung sind, und wo schon einige Ergebnisse erzielt werden konnten. Die beigefügten Abbildungen sollen den Text nach Tunlichkeit erläutern. Die hier gebrachten Bilder sind in dieser Ausführung noch an keiner anderen Stelle veröffentlicht worden.

Neue Methoden der Erforschung des Saug- und Stechaktes blutsaugender Insekten und seiner Folgeerscheinungen

Ein ganz kurzer Rückblick sei zunächst gestattet! Während der Kriegszeit hatte ich mich an der Ost- und Westfront mit den Fragen der Bekämpfung der Läuse-, Wanzen- und Flohplage zu beschäftigen. Daß die Läuse Fleckfieber durch ihren Stich übertragen, wußte man. Hunderte tapferer Krieger, sowie hervorragende Gelehrte bezahlten die Bestätigung dieser Tatsache mit ihrem Leben! Tausende von Einzelbeobachtungen über das Verhalten der Läuse beim Stech- und Saugakt konnten damals gemacht werden, und das gleiche gilt für das Verhalten von Wanzen und Flöhen. Ein ungeheures Tatsachenmaterial strömte mir zu. Viele Angaben standen anscheinend in direktem Widerspruch, andere fanden keine genügende Erklärung. Wahres und Falsches waren bunt gemischt. Oft kam mir Goethes Wort dabei in den Sinn:

„Was man nicht weiß, das eben brauchte man.
Und was man weiß, kann man nicht brauchen."

So z. B. behaupteten die einen, nie von Läusen befallen worden zu sein. Die Nachforschung ergab das Gegenteil — und die Tatsache, daß der Betreffende die Läusestiche nur nicht gespürt hatte und im Glauben war, von ihnen verschont geblieben zu sein. Andere sagten aus, sie würden von Ungeziefer unerträglich gequält, und dabei waren sie verhältnismäßig wenig befallen. Die Haut mancher zeigte durch Wanzen-, Floh- und Läusestiche schwere pathologische Veränderungen, an anderen ging die Stichwirkung rasch und ohne spätere Folgen, ja spurlos vorüber. Die Mannigfaltigkeit der Erscheinungen war so groß, daß die Ordnung und Sichtung der einzelnen Beobachtungen unerläßlich war. Ebenso unerläßlich war es, diese Dinge näher zu untersuchen. Immer und immer wieder handelte es sich um eine Summe von Erscheinungen, die sich um den Vorgang „Stech- und Saugakt" gruppierten. Die Durchsicht der einschlägigen Literatur brachte keine oder nur ungenügende Aufschlüsse. So war ich, um weiterzukommen, auf eigene Versuche und Beobachtungen angewiesen.

Aber auch diese konnten nur Ergebnisse bringen, wenn mit neuen Verfahren an die Erscheinungen herangegangen wurde. Die bisherigen Methoden genügten nicht. Immer wieder lief das Ganze darauf hinaus, den Stech- und Saugakt und seine Folgen genau zu studieren.

Notwendig hierfür erwies es sich, die Parasiten zu züchten, um zu Versuchen stets ein einwandfreies Versuchsmaterial zur Verfügung zu haben. Der Begriff „einwandfrei" bedeutet hier, daß man über Tiere verfügt, die nicht infektiös sind, denn als Versuchsobjekt muß der eigene Körper in der Regel herhalten. Einmal ließ ich diese Vorsicht, mit einwandfreiem (d. h. sicher nicht infektiösem) Tiermaterial zu arbeiten, außer acht und büßte diese Unvorsichtigkeit mit monatelangem Krankenlager an Rückfallfieber, welches mir Kleiderläuse eingeimpft hatten.

Die später von mir ausgeführten Arbeiten über blutsaugende Insekten bilden also gleichsam die Fortsetzung der im Kriege begonnenen Untersuchungen. Manche Verzögerung erfuhren sie durch die Zeitverhältnisse, ihre Fortführung war nur möglich: erstens durch Unterstützung der Notgemeinschaft, und zweitens unter Heranziehung der „freien" Zeit und der Ferien.

Die erste zu lösende Aufgabe war: Züchtung und Haltung von blutsaugenden Insekten auszuprobieren. Die Lösung dieser Frage gelang anderen und auch mir. Des weiteren war dann notwendig, mit diesen Laboratoriumstieren am eigenen Körper zu experimentieren, um über subjektive Erfahrungen an der Hand von Einzelfällen verfügen zu können. Dieser Weg ist oft nicht übermäßig angenehm, er führt aber zu Ergebnissen in überraschender Fülle, zumal bei geschicktem Experimentieren der gleiche Vorgang beliebig wiederholt werden kann. Die oftmals wiederholte Beobachtung ein und desselben Vorganges, eben des Stech- und Saugaktes, ermöglichte dann, den Gesamtvorgang in Einzelvorgänge aufzulösen und somit einer Analyse näherzubringen. Mit dieser Auflösung in Teilvorgänge war schon mancher Schritt vorwärts getan dadurch, daß das ganze Problem in Unterfragen zerlegt wurde.

Nachfolgend soll die Methodik der Bearbeitung des Stech- und Saugaktes, wie ich sie mir im Laufe der Zeit ausarbeitete, an der Hand einiger Beispiele erläutert werden. Die mannigfachen Apparate, welche ich nach und nach hierzu bei der Vervollkommnung der Methoden benötigte, stellte mir die Notgemeinschaft zum allergrößten Teil freundlicherweise zur Verfügung.

Der Stech- und Saugakt läßt sich in Teilvorgänge zerlegen, die durch Fragestellungen am besten gekennzeichnet und umschrieben werden.

1. Wie findet ein blutsaugendes Insekt (Schmarotzer) den ihm zusagenden Wirt, insbesondere den Menschen?

2. Wie findet der Schmarotzer eine zum Stich geeignete Hautstelle?
3. Wie spielt sich der Einstich ab?
4. Wie erfolgt das Aufsaugen des Blutes und das Ablassen vom Wirt nach erfolgter Sättigung?
5. Was tut der Schmarotzer nach erfolgter Sättigung?

Die unter 1 bis 5 umrissenen Fragen behandeln in erster Linie Dinge, welche das blutsaugende Insekt zunächst angehen, wobei Leistungen des Tastsinnes, Wärmesinnes, Geruchsinnes berücksichtigt werden müssen. Nun gehört aber zum Parasit ein Wirt, der die Nahrung spendet, z. B. ein Mensch. Die nun auftauchenden Fragen sind nicht minder mannigfaltig. Formulieren wir einige derselben:

a) Welche Beschaffenheit muß eine Hautstelle besitzen, damit ein Einstich möglich und erfolgreich ist?
b) Wie reagiert die betreffende Hautstelle zunächst auf den Stich? denn mit dem Stich wird außer einer mechanischen Verletzung immer eine kleine Vergiftung der Haut eben an dieser Stelle bewirkt.
c) Sind die ersten Stichwirkungen von objektiv sichtbaren und von subjektiv spürbaren Erscheinungen begleitet?
d) Sind spätere Folgen des Stiches oder der Stiche an der bestochenen Hautfläche festzustellen?
e) Sind allgemeine Krankheitserscheinungen die Folge der Stiche?

Die unter a bis e formulierten Fragen müssen auch eine möglichst vollständige Beantwortung erfahren, denn sonst ist das erstrebte Gesamtbild nicht vollständig.

Ferner ist notwendig, die gesamten Erfahrungen und Beobachtungen einer vergleichenden Betrachtung zu unterwerfen. Wir müssen uns zunächst fragen: wie verläuft ein Wanzen-, Läuse-, Floh-, Mücken-, Fliegenstich bei ein und derselben Person? und wie verlaufen sie bei verschiedenen Versuchspersonen? Im weiteren Gang meiner Darstellung wird gezeigt werden, daß durch dieses vergleichende Vorgehen recht wichtige Aufschlüsse zu erlangen sind.

Die oben unter 1 bis 5 und a bis e aufgeworfenen Fragen lassen weiter erkennen, daß die Bearbeitung einer Methodik bedarf, welche gestattet, die subjektiven Beobachtungen und Empfindungen zu objektiv auswertbaren zu machen. Mit anderen Worten, messende Beobachtungen und graphische Darstellungen müssen die Teilergebnisse widerspiegeln. Bekanntlich treten nach Insektenstichen Hauterschei-

nungen auf, die landläufig als „Quaddeln", „Pusteln", „Blasen", „Beulen", „Rötungen" bezeichnet werden. Flüchtigkeit zeichnet sie meist aus. Gerade aber die Flüchtigkeit erheischt Methoden, das Wesentliche der Erscheinungen festzuhalten. So erwuchs aus vielerlei Erwägungen, aus Fehlschlägen und manchem Ausproben meine Methodik der Beobachtung des Stech- und Saugaktes blutsaugender

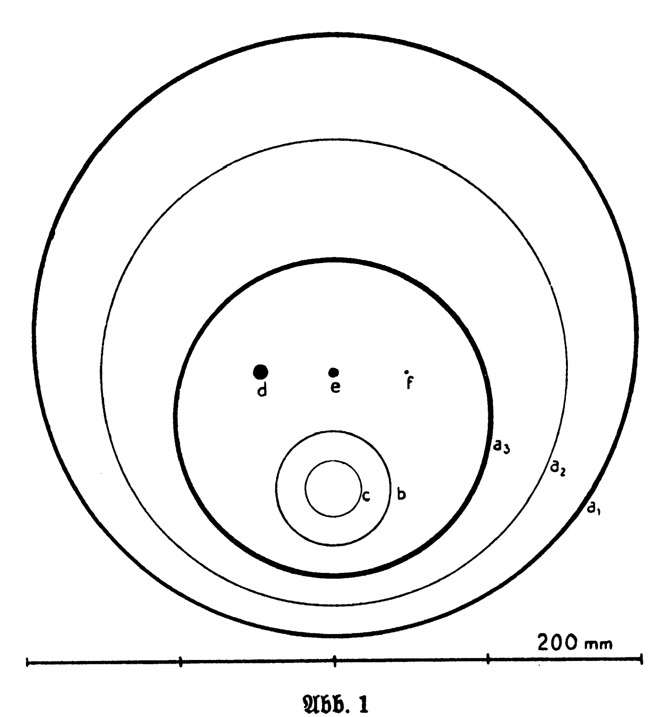


Abb. 1
Größenverhältnis der verursachten Hautwunden durch Hautbohrer, Spritznadel, Wanzen- und Flohstiche. Nähere Erklärung im Text, Original.

Insekten und der nachfolgenden Stichwirkungen und Erscheinungen in der Haut des Menschen und warmblütiger Tiere[1]).

Das Wesentlichste sei daraus mitgeteilt!

Zunächst muß man sich darüber klar sein, in welcher Größenordnung die Hautwunden sind, welche die stechenden Insekten ver-

[1]) Hase, A., Beiträge zur experimentellen Parasitologie I. Zeitschrift für angewandte Entomologie Bd. 12. Berlin 1926. S. 243—297.

Hase, A., Beobachtungen über das Verhalten, den Herzschlag sowie den Stech- und Saugakt der Pferdelausfliege Hippobosca equina L. Zeitschrift für Morphologie und Ökologie der Tiere Bd. 8. S. 187—240. Berlin 1927.

ursachen. Die Wunden sind außerordentlich gering, gemessen an der Größe der Wunden, die wir bei bestimmten Versuchen setzen. Man spritzt, wie bekannt, zu Heilzwecken Serum und Medikamente aller Arten ein (man denke an Tuberkulinreaktionen), man bohrt die Haut leicht an usw. Unsere Injektionsnadeln (Spritznadeln) lassen sich sehr gut dem Stechrüssel der Insekten vergleichen. In beiden Fällen wird ein körperfremder Stoff mit Hilfe einer „Hohlnadel", „Spritznadel" der Haut einverleibt.

Veranschaulichen wir uns die Größe der so erzeugten Hautwunden durch eine Abbildung (Abb. 1).

In dieser Abbildung sind die Querschnitte (als Kreisflächen natürlich) der Hautwunden einander gegenübergestellt, die verursacht werden:

a) bei der Bohrung mit einem v. Pirquetschen Hautbohrer, Durchmesser $a_1 = 2{,}0$; $a_2 = 1{,}5$; $a_3 = 1{,}0$ mm;
b) bei dem Stich mit einer Spritznadel (Injektionsnadel Nr. 20), Durchmesser = 0,35 mm;
c) bei dem Stich einer Stechfliege (Stomoxys calcitrans ♀), Rüsselquerschnitt, Durchmesser = 0,165 mm;
d) bei dem Stich einer Fiebermücke (Anopheles maculipennis ♀), Rüsselquerschnitt, Durchmesser = 0,055 mm;
e) bei dem Stich eines Hundeflohes (Ctenocephalus canis ♀), Rüsselquerschnitt, Durchmesser = 0,020 mm;
f) bei dem Stich einer Bettwanze (Cimex lectularius ♂), Rüsselquerschnitt, Durchmesser = 0,015 mm.

In Abb. 1 entsprechen die drei äußeren, exzentrischen Kreise den Bohrungen mit dem Hautbohrer (a_1, a_2, a_3); der im inneren (stark ausgezogenem) Kreis liegende größere Kreis entspricht der Stichwunde durch eine Spritznadel. Der darin konzentrisch liegende Kreis entspricht dem Stich einer Stechfliege. Die drei schwarzen Punkte entsprechen den Stichen von Fiebermücke (links), Hundefloh (Mitte) und Bettwanze (rechts).

Sämtliche Querschnitte sind, unter Einhaltung aller nötigen Maßregeln, 100fach vergrößert und gezeichnet worden und dann bei der Bildwiedergabe gemeinsam verkleinert worden. Die Aufstellung unter a bis f, im Vergleich mit der Abb. 1, macht wohl längere Erläuterungen überflüssig.

Man vergleiche die Zahlen, welche angeben:

A. Die Durchmesser der Instrumente bzw. Stechrüssel, welche die Hautwunden erzeugen, und

B. die Größe der verletzten Hautflächen in Quadratmillimeter, welche diesen Durchmessern entsprechen.

	A. Durchmesser der Instrumente bzw. Stechrüssel	**B.** Größe der hierdurch verletzten Hautflächen
a_1) Hautbohrer	= 2,000 mm	= 3,141 500 qmm
a_2) Hautbohrer	= 1,500 "	= 1,767 000 "
a_3) Hautbohrer	= 1,000 "	= 0,785 400 "
b) Spritznadel	= 0,350 "	= 0,096 200 "
c) Stechfliegenrüssel	= 0,165 "	= 0,021 400 "
d) Fiebermückenrüssel	= 0,055 "	= 0,002 380 "
e) Hundeflohrüssel	= 0,020 "	= 0,000 314 "
f) Bettwanzenrüssel	= 0,015 "	= 0,000 177 "

Setzt man die Hautfläche, welche durch einen Wanzenstich verletzt wird = 1 unter Zugrundelegen der soeben mitgeteilten (abgerundeten) Zahlen, so ist das Verhältnis der Hautwunden verursacht von

f) Bettwanze	1
e) Hundefloh	2
d) Fiebermücke	14
c) Stechfliege	121
b) Spritznadel	544
a_3) Hautbohrer a_3	3 525
a_2) Hautbohrer a_2	10 000
a_1) Hautbohrer a_1	17 000.

Diese auf Messungen beruhenden Angaben lassen klar erkennen, wie „grob" doch letzten Endes „unsere" Methoden sind. — Gegenüber einer Wanzenstichwunde sind die mit unseren „feinsten" Nadeln verursachten Wunden etwa 540mal größer. Derartige Tatsachen dürfen meines Erachtens bei der Beurteilung der ganzen Erscheinungen nicht außer acht gelassen werden, und Abb. 1 dürfte das Erläuterte eindringlich veranschaulichen.

Ferner muß man wissen, in welcher Größenordnung sich die Gift-(Speichel-) Mengen bewegen, welche die Insekten bei ihrem Stich einspritzen.

Wir können sie leider nicht direkt messen, aber uns rechnerisch wenigstens über die Größenordnung Aufschluß verschaffen, bis zu einem gewissen Grade der Genauigkeit. Von den hier zu Gebote stehenden Verfahren greife ich nur eines heraus. Es läßt sich unter dem

Mikroskop das Volumen des Speichelganges im Flohrüssel zum Beispiel annähernd (!) bestimmen. Ich ermittelte es auf etwa 0,00000208 cmm (hoch gegriffen). Nehmen wir an, bei einem kurzen Stechakte würde die darin befindliche Speichelmenge 20mal durch Zustrom aus den Speicheldrüsen erneuert, was wiederum hoch geschätzt ist, so würden 20 × 0,00000208 cmm = 0,0000416 cmm Speichel in die Haut eingespritzt werden. Mit Sicherheit wissen wir, daß selbst

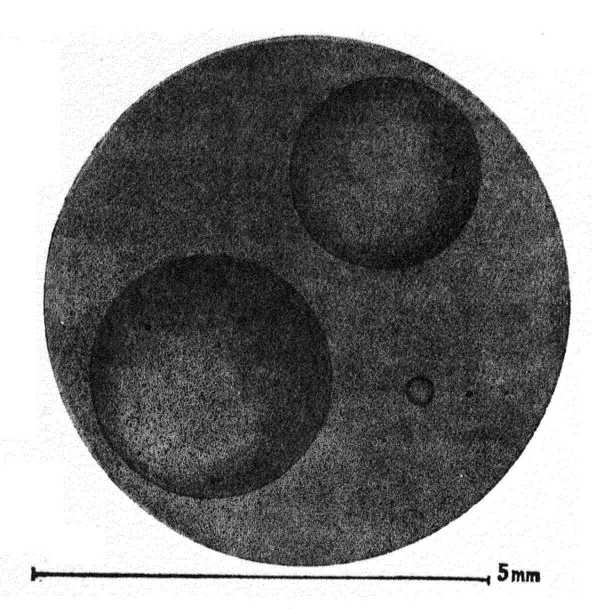


Abb. 2
Gegenseitige Größenverhältnisse in Kugeldarstellung von 100 cmm, 10 cmm und 5 cmm (die drei großen Kugeln) gegenüber der Speichelmenge einer Conorhinus, eines Hundeflohes und einer Bettwanze (kleine Kugel und schwarze Punkte), Original.

ganz kurze Stechakte, von etwa 10 Sekunden Dauer, schon beträchtliche Quaddeln verursachen, also daß die eingespritzte Speichelmenge (schon der Zeit nach) sicher äußerst gering ist, und daß es kaum zu einer 20maligen „Nachfüllung" kommt. Doch lassen wir es dabei bewenden, es soll ja nur ein Näherungswert ermittelt werden. In Fällen, wie der vorliegende, ist immer richtiger, nach dem Höchstwert hin die Annahmen zu verschieben.

Diese geschätzten 0,0000416 cmm verhalten sich zu 100 cmm Koffein, wie wir sie bei Krankheiten einspritzen, wie 1 : 2404000.

Zahlen wie die soeben angeführten sind schwer vorstellbar. Um ein anschauliches Bild zu gewinnen darüber, welche winzigen Mengen von Flüssigkeit bei Insektenstichen der Haut einverleibt werden im Vergleich zu den Mengen, die der Serolog oder Pharmakolog einzuspritzen pflegt, habe ich folgenden Weg eingeschlagen (vgl. Abb. 2). Ich ermittelte teils durch direkte Messungen, teils durch Schätzungen (siehe oben), welche Mengen Speichel verschiedene blutsaugende Insekten bei kurzen Saugakten abgaben. Diese Mengen lassen sich — es ist eine einfache Rechenaufgabe — als Kugeln darstellen. Diese Kugeldarstellungen wiederum können dann ohne weiteres Kugeln gegenübergestellt werden, die den Inhalt von 100 cmm, 10 cmm und 5 cmm haben. Unter genauer Einhaltung der Maßstäbe läßt sich das Ganze zu einem Bild vereinigen, wie es die Abb. 2 wiedergibt. Hierin entsprechen die drei großen Kugeln = 100 cmm und = 10 cmm und = 5 cmm. Man sieht, daß die beiden letzteren sehr bequemen Platz in der ersteren von 100 cmm haben.

Die drei kleinen Kugeln (zwei davon konnten, um sichtbar zu bleiben, nur als schwarze Punkte markiert werden) entsprechen den Speichelmengen der großen tropischen Wanze (Conorhinus megistus Burm.) = 0,01400 cmm, eines Hundeflohes = 0,0000416 cmm und einer Bettwanze = 0,0000167 cmm. (Alle Werte abgerundet!) — Setzen wir den Inhalt der kleinsten Kugel, d. h. die Menge des Bettwanzenspeichels 0,0000167 cmm = 1, so besteht das Verhältnis:

Mengen des Speichels der Bettwanze	0,0 000 167 cmm	zu
„ „ „ des Hundeflohs	0,0 000 416 „	zu
„ „ „ der Wanze Conorhinus . .	0,0 140 000 „	zu
eingeimpte Mengen von	5,0 000 000 „	zu
„ „ „	10,0 000 000 „	zu
eingespritzte Menge von	100,0 000 000 „	

wie 1 : 3 : 838 : 299 400 : 598 800 : 5980 000.

Ich glaube, um manche Erscheinungen der Hautreaktionen richtig würdigen zu können, ist es nicht überflüssig, sich auch einmal über die hier unter Umständen in Betracht kommenden Größenordnungen Rechenschaft zu geben, bevor man an Erklärungen herangeht.

Diese Feststellungen lassen erkennen, was für die Bewertung des Ganzen nicht unwesentlich ist, daß beim Insektenstich sehr geringe Mengen und recht geringfügige Hautwunden in Betracht kommen.

Weiter gehört zur Methodik der Untersuchungen eine Bewertung der ganzen Erscheinungen überhaupt. Man muß sich klar darüber sein:

was ist meßbar — was nicht meßbar,
was ist sichtbar — was nicht sichtbar,
was ist subjektiver — was objektiver Natur.

Diese drei Fälle sind in wechselnder Verbindung möglich. Subjektiv spürbar sind z. B. die Hitzegefühle an einer bestochenen Hautstelle, wie bekannt. Dieses örtliche Fieber kann gemessen, also objektiv bewertet werden. Man kann es natürlich nicht sehen. Wie groß eine Quaddel aber ist, z. B. auf dem Rücken, kann der Betroffene nicht spüren, wohl aber kann man die Ausdehnung der Quaddel sehr bequem messen. Die Zunahme oder Abnahme einer Schmerzempfindung (Brennen, Jucken) ist subjektiv spürbar. Direkt zu messen ist

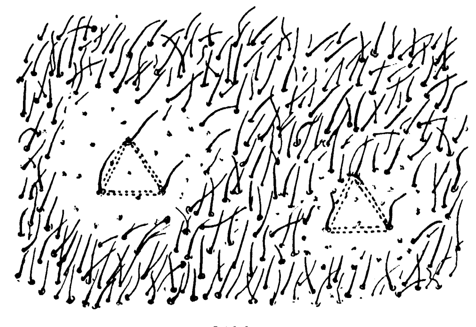


Abb. 3
Markierung bestimmter Hautstellen, Verwendung der Behaarung zu Markierungszwecken. Schemabild. Nähere Erklärung im Text, Original.

die Empfindung aber nicht. Hier kann man nur die Zu- oder Abnahme bzw. das Aufhören des Schmerzgefühles mit einiger Sicherheit feststellen. — Aus diesen Darlegungen geht hervor, daß es unser Bestreben sein muß, möglichst genaue Meßverfahren einzuführen, um die Sicherheit der Ergebnisse zu steigern.

Wichtig sind ferner Markierungen der Haut, um bei nachfolgenden Versuchen immer wieder die gleiche Stelle zu treffen. Soll z. B. die Frage nach dem Unempfindlichwerden einzelner Hautstellen gegenüber den Stichen bestimmter Insekten geprüft werden, so sind sichere Markierungen unerläßlich. In der chinesischen Tusche, in Ruß-Vaseline-Gemischen habe ich hierzu geeignete Mittel entdeckt, wobei die gesetzten Markierungen sich sogar mit Stempeln auftragen lassen, ein Verfahren, was unter Umständen besonders praktisch ist. Noch besser kann man bestimmte Stellen ganz einwandfrei in der Weise mar-

kieren, daß man die Körperbehaarung selbst verwendet, wie die Abb. 3 zeigt.

Man schneidet in einem entsprechenden Feld alle Haare, die störend sind, weg und läßt in der Mitte bloß einige gleichsam als „Markierungspfähle" stehen. Man kann dann außerdem noch Tuschemarkierungen von einem zum anderen Haar anbringen, so daß man das ausgewählte Versuchsfeld mit Sicherheit stets wiederfindet. Abb. 3 veranschaulicht ohne weiteres, wie am besten zu verfahren ist.

Zeitbestimmungen des Ablaufes der Vorgänge mittels Stoppuhren sind unerläßlich, ebenso wie die Herstellung von Photographien[1]). Ein flächentreues Festlegen der Quaddelausdehnung[2]), sowie der Ausdehnung der sogenannten roten Höfe (Erythemata) um die Quaddeln gestattet das von mir ausgearbeitete Verfahren der Anwendung von wasserklarem Zellon. Ich bezeichnete es als „Glaspapier". — Der nicht zu unterschätzende Vorteil dieser Methode ist (in Verbindung mit der Markierung siehe oben), daß auch photographische Aufnahmen der Haut durch dieses „Glaspapier" ohne weiteres möglich sind.

Mit Hilfe dieser Verfahren gelingt es, die fortschreitende Größenzunahme der Quaddeln usw. sofort innerhalb bestimmter Zeitabstände nach erfolgtem Einstich festzulegen. Kombiniert man die Ergebnisse, so können die Hautreaktionen (Quaddelbildung usw.) der einzelnen Stiche von gleichen oder von verschiedenen Insekten in einer übersichtlichen Weise dargestellt werden, wie Abb. 4 als Beispiel zeigt.

In Abb. 4 ist auf die angedeutete Weise das Wachstum von vier Quaddeln (a, b, c, d) nach Wanzenstichen dargestellt.

Die Quaddeln selbst sind flächentreu wiedergegeben. Die fortschreitende Größenzunahme der einzelnen Quaddeln, die sich auf die vier Stiche hin entwickelten, ist genau zu verfolgen. Die senkrechten Linien geben die Zeitabschnitte von 3 zu 3 Minuten an. Eine derartige Zusammenstellung lehrt, daß auf die verschiedenen Stiche hin recht verschieden große Quaddeln entstehen können, und daß die Höhe-

[1]) Die photographischen Apparate und Nebenapparate beschaffte die Notgemeinschaft.

[2]) In den Abbildungen 4, 9, 10 sind die Quaddeln flächentreu, das heißt in natürlicher Größe wiedergegeben. Aus technischen Gründen mußten die Abbildungen dann etwas verkleinert werden. Der jeweils miteingezeichnete Maßstab gestattet aber ohne weiteres, die natürliche Größe der Quaddeln, so wie sie durch das Verfahren ohne weiteres ermittelt wird, zu errechnen. Mit Hilfe des Glaspapieres wird die Größe, bzw. ihre Umrandung einfach übergepaust.

punkte der Quaddelentwicklung nicht immer auf dieselben Zeiten fallen. Die Quaddel A z. B. zeigt ihre größte Entwicklung in der 18. Minute, die Quaddel B in der 24. Minute, die Quaddel C nach der 30. Minute und die Quaddel D in der 30. Minute nach erfolgtem Einstich. Die direkte Übertragung der Quaddeln mit Hilfe der Glaspapiermethode gestattet auch, die verschiedenen Formen der entstehenden Quaddeln (bzw. roten Höfe) einer vergleichenden Betrachtung näherzubringen. Man kann feststellen, daß zu manchen

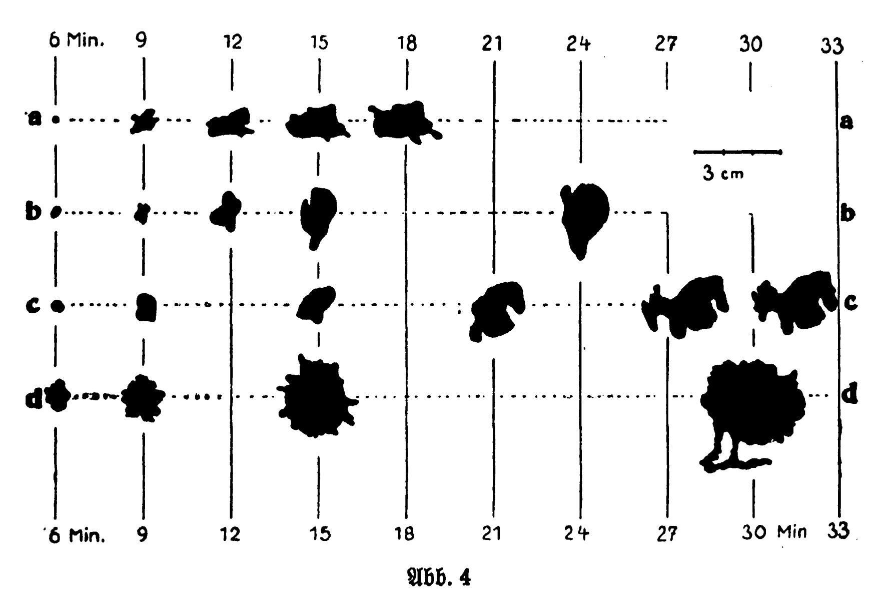


Abb. 4

Wachstum von vier Wanzenquaddeln (a, b, c, d) im Abstand von drei zu drei Minuten, Original.

Zeiten die Quaddeln die Neigung haben, wurzelförmige Ausläufe zu bilden, so wie es z. B. bei der Quaddel d der Fall ist. Da es uns hier aber nur darauf ankommt, zunächst auf die Leistung dieser Methode hinzuweisen, so müssen weitere Erörterungen der Einzelheiten unterbleiben. Ich glaube, Abb. 4 ist anschaulich genug, um zu zeigen, daß tatsächlich auf diese Weise mancherlei Aufschlüsse zu erhalten sind. Was diese Methode der Registrierung noch besonders wertvoll macht, ist, daß man sie überall — auf Ausflügen usw. — bequem anwenden kann. Sie übertrifft hierin und in anderer Hinsicht die Photographie bei weitem. Flächentreue Quaddelbilder lassen sich mit ihrer Hilfe im Walde, im Sumpfgelände, am Flußufer, wo es auch sei, herstellen.

Damit ist ein Verfahren gefunden, das gestattet, festzulegen, ob z. B. in einer Gegend gewisse Stechmücken „giftiger" als in anderen Gegenden sind, in dem Sinne, daß sie stets sehr große Quaddeln und heftige sonstige Hautreaktionen erzeugen. Auch solche Fragen sind ja von großer praktischer und wissenschaftlicher Bedeutung.

Weiterhin ist die Temperatur der Haut an der bestochenen Stelle und an normalen benachbarten Stellen meßbar. Feinste Quecksilberthermometer — nach eigenen Angaben hergestellt — und sogenannte Hautthermometer sowie thermoelektrische Messungen[1]) führen hier zum Ziel. Ermittelt kann dann werden, wie groß der Temperaturunterschied T_Δ ist zwischen der normalen Haut und der Hautfläche, die eine Quaddel bildete. Schließlich ist es nötig, alle gewonnenen Teilergebnisse graphisch in einer Darstellung zu vereinigen, die das zum Ausdruck bringt, was als Maß für die Empfindlichkeit der einzelnen Versuchsperson besonders berücksichtigt werden soll. Es sind vornehmlich folgende Erscheinungen, die in ihrer Gesamtheit als Wertmesser in Betracht kommen: a) die Größenentwicklung der Quaddel, ausgedrückt durch eine Zahl; b) die Höhe des Temperaturunterschiedes zwischen der gestochenen Hautstelle und einer benachbarten, normalen Hautstelle, ausgedrückt in Graden; c) die Höhe des subjektiv spürbaren Schmerzes (in verschiedener Tönung), wobei die Schmerzhöhe durch drei verschiedene Stufen ausgedrückt wird; d) der Zeitpunkt der größten Ausdehnung des roten Hofes. Da nun Quaddel und roter Hof in einem gewissen Zusammenhang stehen, so trägt man bei der graphischen Darstellung die entsprechenden Marken in ein gemeinsames Feld ein.

Die graphische Darstellung vereinigt in einem Bild die gemachten Beobachtungen, bezogen auf die Zeiteinheit, wobei der Augenblick des Einstiches (E) als Nullpunkt angenommen wird. Wie derartige graphische Darstellungen ausgeführt werden können, ist durch die beigegebene Abb. 5 ohne weiteres ersichtlich. Es wird in dieser Darstellung ferner eingetragen der Zeitpunkt, wann das betreffende Tier mit Saugen aufhört und wieviel es Blut bei dem betreffenden Saugakt (in Milligramm) aufgenommen hat. Wie ich schon betont habe, liegt es mir daran, die Beziehungen zwischen stechendem Insekt und gestochener Person möglichst einheitlich zu erfassen, und deshalb dürfen Angaben wie die letztgenannten in der graphischen Darstellung nicht fehlen. Die Abb. 5 ist aber nur als „Muster" zu betrachten.

[1]) Die notwendigen Apparate beschaffte die Notgemeinschaft.

Was diese graphischen Darstellungen unter Berücksichtigung der Zeiteinheiten zeigen, ist die Lage der Höhepunkte von S (= Schmerz), $T_{\triangle}$ (= Temperatur), Q (= Quaddel), H (= roter Hof). Auch lassen die Bilder erkennen, welche Latenzzeit zwischen Einstich einerseits, Quaddelbeginn, Hofbildung, erste Schmerzempfindung usw. andererseits liegt.

Ferner lassen sich alle sicher feststellbaren und zum Teil genau meßbaren Erscheinungen (Anfang — Ende — Höhepunkte) gleichsam auf

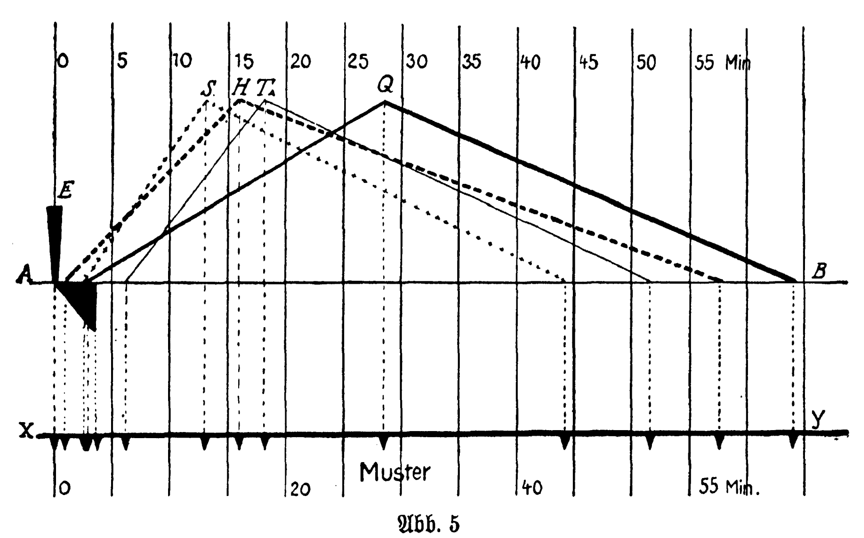


Abb. 5
Muster einer graphischen Darstellung von Hautreaktionen zwecks Herstellung von Beziehungen zwischen H, S, $T_{\triangle}$ und Q innerhalb bestimmter Zeiteinheiten. Nähere Erklärung im Text, Original.

eine gemeinsame Linie (Abb. 5 X—Y.) bringen, und je nach der Lage, d. h. der Gedrängtheit aller dieser Punkte, wird man zur Aufstellung eines bestimmten Empfindlichkeitsgrades gegen den Stich eines bestimmten Insektes der betreffenden Versuchsperson kommen. Und endlich wird es gelingen, gewisse Gruppen von Personen, die wir für wenig empfindlich, unempfindlich, voll empfindlich (nach dieser Richtung hin) bezeichnen, an der Hand dieser Verfahren genau zu charakterisieren. Wie ich oben schon sagte, lag es mir daran, nicht nur an einer Erscheinung den Empfindlichkeitsgrad zu messen, sondern an möglichst vielen Erscheinungen, die aber untereinander ursächlich verknüpft sind und durch geeignete Verfahren in ihren Wechselbeziehungen aufgelöst werden müssen. Welche Verfahren hierzu einzuhalten sind

und was sie in bezug auf Genauigkeit zu leisten imstande sind, hoffe ich im einzelnen gezeigt zu haben. — Daß die Aufstellung von bestimmten Empfindlichkeitsgraden, auch für serologische Fragestellungen, wichtig ist, darauf sei kurz hingewiesen. Erscheinungen, die als Idiosynkrasie, Anaphylaxie, Allergie[1]) bekannt sind, müssen hier auch in grundsätzliche Verbindung gebracht werden[2]).

Ich erwähne solche Punkte immer wieder, um zu zeigen, daß unser Sonderthema — Stech- und Saugakt blutsaugender Insekten — vielfach an die allgemeinen biologischen Probleme anschließt. Erscheinungen nach Insektenstichen mit obigen Begriffen in Verbindung zu bringen, ist sicher gerechtfertigt. Beim Insektenstich werden ja artfremde Eiweiße der Haut einverleibt, wenn auch in außerordentlich geringen Mengen. Wie obige Ausführungen erkennen lassen, sind nicht unwichtige Feststellungen mit Hilfe der ausgearbeiteten Verfahren zu machen. Was bezweckt nun diese Methodik? Diese Frage ist berechtigt, aber zum Teil schon beantwortet. Sie bezweckt, den Stech- und Saugakt genau zu analysieren, und zwar soll

1. das Verhalten des stechenden und saugenden Insektes genau gekennzeichnet werden, und
2. soll die Wirkung des Stiches der einzelnen Insektenarten festgelegt werden, um allgemeinere Schlüsse ziehen zu können.

---

[1]) Allergie (v. Pirquet), die durch eine Infektion herbeigeführte Umstimmung des Körpers.

Anaphylaxie (Charles Richet), Überempfindlichkeit der Haut oder der Schleimhäute gegen artfremdes Serum.

Idiosynkrasie, abnorm starke Reaktion auf bestimmte Einwirkungen.

Eiweiß-Idiosynkrasie, besondere Empfindlichkeit der Haut gegen bestimmte Eiweißarten.

Die angegebenen Begriffsbestimmungen sind aus Dornblüth, Klinisches Wörterbuch, 12. Aufl., Berlin 1926, entnommen.

[2]) Es ist erfreulich, daß von anderer Seite aus diese Untersuchungen aufgegriffen wurden. Es sei hier nur auf die soeben erschienene Arbeit von Kemper: Beobachtungen über den Stech- und Saugakt der Bettwanze und seine Wirkungen auf die menschliche Haut verwiesen. Zeitschrift für Desinfektion, 21. Jahrgang Nr. 3, 1929.

Über einige Ergebnisse der Untersuchungen an blutsaugenden und stechenden Insekten sowie Ergebnisse der Untersuchungen des Stech- und Saugaktes und seiner Begleiterscheinungen

Nachdem die Methodik meiner mit Hilfe der Notgemeinschaft durchgeführten Untersuchungen dargelegt wurde, soweit der verfügbare Raum es gestattete, möchte ich an der Hand von Beispielen auf einige Ergebnisse hinweisen. Ich möchte zeigen, daß mit den neueren Verfahren auch Fortschritte in unserer Kenntnis erzielt wurden.

Es wurde schon gesagt (S. 51), daß die notwendigen Versuchstiere (Läuse, Wanzen, Flöhe, Mücken) von mir im Laboratorium bedarfsweise gezogen werden. Wesentlich ist für den Fortgang der Untersuchungen, daß man die Tiere zu beliebigen Zeiten angriffslustig, d. h. stechlustig, zur Verfügung hat. Letzteres gelingt bei einiger Sorgfalt ohne weiteres, es muß nur eine bestimmte Vorbehandlung der Versuchstiere Platz greifen. Wie zu verfahren ist, soll kurz an den Beispielen: deutsche Bettwanze (Cimex lectularius L.) und tropische Bettwanze (Cimex rotundatus Sign.) gezeigt werden. Beide Formen wähle ich, da auf sie noch mehrfach als Beispiel zurückgegriffen wird. Man verfährt etwa wie folgt: Man wiegt ein oder mehrere Tiere, wenn sie ausgehungert sind. Eine völlig ausgehungerte Bettwanze wiegt rund 4 mg im Durchschnitt (Abb. 6, h). Setzt man dieses Tier vorsichtig an irgendeine Hautstelle an, so sticht es unverzüglich ein und saugt sich in wenigen Minuten ganz voll, so daß es nach beendigter Mahlzeit das 3—3½fache seines Hungergewichtes erreicht (vgl. Abb. 6, s, G I). Hält man dieses Tier bei +30° konstant, so sinkt von Tag zu Tag mit fortschreitender Verdauung das Körpergewicht, bis am 5. Tage etwa das ursprüngliche Hungergewicht wieder erreicht ist. Da die Wanze nur eine beschränkte Menge von Blut saugen kann, so ist, wie die bildliche Darstellung der Gewichtsverhältnisse zeigt, vor dem 3. Tag keine neue Blutaufnahme zu erwarten; erst an 4. und 5. Tag findet eine solche in der Regel statt. Der Versuch lehrt, daß die Stechlust vom Ernährungszustand des Insektes wesentlich abhängt. Er lehrt aber noch mehr: nämlich, daß die Tageszeiten ganz belanglos sind. Mit anderen Worten, eine Bettwanze saugt bei entsprechendem Hungerzustande zu jeder Tag- und Nachtzeit, im hellsten Sonnenlichte, wie auch in völliger Dunkelheit. Durch Regulierung der Temperatur und damit der Verdauung hat man es also in der Hand, zu jeder Zeit

stechlustige Wanzen zur Verfügung zu haben. Der Kontrollversuch beweist dies: Hält man nämlich dieselbe Wanze bei +10° (konstant), so sinkt (nach anfänglicher völliger Sättigung) das Körpergewicht nur um einen ganz geringen Betrag ab, eben deshalb, weil die Verdauung verzögert wird. In der Abb. 6, G II ist rechts von demselben Tier die entsprechende Gewichtsstufe eingetragen (5 Tage lang). Diese gewichts-

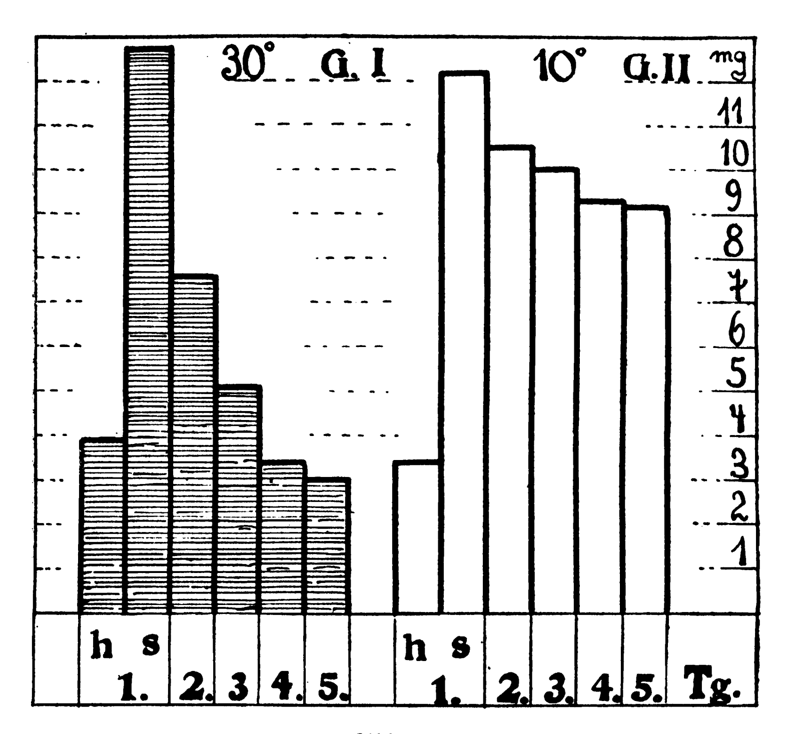


Abb. 6
Gewichtsverluste in mg von Wanzen in 30° (G I) und von Wanzen in 10° (G II) h = Gewicht der hungrigen Tiere, s = Gewichtszunahme der vollgesogenen Tiere am ersten Beobachtungstag und spätere Gewichtsabnahme, Original.

mäßigen Feststellungen in Verbindung mit der Einwirkung bestimmter konstanter Temperatur bringen also schon wichtige Aufschlüsse über die Lebensäußerungen dieser blutsaugenden Formen, vor allem darüber, unter welchen äußeren und inneren Bedingungen der Stechakt zustande kommt. Nun ergeben sich hier sofort weitere Fragen, und zwar folgende: Ist der Stich einer Wanze, die lebhaft, also in kurzer Zeit, verdaute, giftiger (d. h. erzeugt er größere Quaddeln und

sonstige Stichreaktionen) als der Stich einer Wanze, die langsam verdaute? Die Meß- und Beobachtungsverfahren, wie ich sie angab, gestatten ja, die auftretenden Hautreaktionen genau festzulegen. Des weiteren läßt sich der Frage nachgehen, da man ja dauernd stechlustige Wanzen halten kann: Bei welcher Außentemperatur und Hauttemperatur[1]) unterbleibt — trotz des Hungrigseins — der Angriff der Wanzen? Verfährt man in dieser Weise, so macht man die Erfahrung, daß nicht allein „Hunger" nötig ist zur Auslösung des Stechaktes, sondern daß hierzu auch bestimmte Temperaturgrenzen der Haut (Wärmestrahlungen der Haut) innegehalten werden müssen. Dieser Fall zeigt deutlich die dauernden Wechselbeziehungen zwischen Parasit — hier Bettwanze — und Wirt — hier Mensch. Es genügt wohl dieser Hinweis, um ferner zu zeigen: Das Studium des Stech- und Saugaktes erfordert, auch die allgemeinen biologischen Probleme mit in Betracht zu ziehen. Wenn die Wanze kalte Hautstellen nicht ansticht, trotz Hungers, so spielen Wirkungen auf den Wärmesinn eine Rolle. Und wenn der Abbau der Blutnahrung in Kälte sehr langsam, in Wärme sehr rasch vor sich geht, so haben wir ein ernährungsphysiologisches Problem vor uns. Gerade die blutsaugenden Insekten und Gliedertiere sind meines Erachtens trefflich geeignet, den „Blutabbau" verschiedener Blutsorten zu studieren. Auch Fragen der Symbiontenforschung werden sich an diesen Formen gut studieren lassen. Auch diese Hinweise zeigen, welche Fülle von allgemeinen Problemen mit dem Stech- und Saugakt in Verbindung zu bringen sind. Was mit Wanzen gelingt, das gelingt auch mit Flöhen, Mücken, Stechfliegen, Läusen, nur muß die Tierhaltung und die Versuchsordnung fallweise etwas geändert werden.

Welche Versuchsanordnung ich wählte, um über die Stechlust der Menschenflöhe (Pulex irritans L.) und Hundeflöhe (Ctenocephalus canis Curt.) Aufschluß zu erhalten, kann aus Raummangel hier im einzelnen nicht erörtert werden. Alle diese Methoden dienen mit dazu, um über die Lebensäußerungen blutsaugender Insekten weitgehend Aufschluß zu erhalten. Es mußten deshalb Versuchsbedingungen gewählt werden, die den natürlichen Bedingungen angeglichen und deshalb nicht so leicht erfüllbar sind.

Die mannigfachen Stichversuche, z. B. mit Flöhen, brachten ein noch recht wesentlich erscheinendes Ergebnis, und zwar folgendes: An der

[1]) Durch geeignete Verfahren könnten bestimmte Hautbezirke unterkühlt und auch erhitzt werden.

von einem Floh bestochenen Hautstelle entwickelt sich, soweit ich feststellen konnte, bei vielen Versuchspersonen von neuem eine Quaddel, wenn ein zweiter Stich gesetzt wird. Dabei ist es durchaus nicht notwendig, daß der zweite Stich in der Nähe der ersten Quaddel liegt. Das Wiederaufspringen alter, bereits vergangener Quaddeln, das Wiederauftreten von Jucken und Brennen an alten Stichstellen pflegt in der Haut von flohstichempfindlichen Personen auch dann wieder einzutreten, wenn die späteren Stiche in ganz anderen Körperregionen liegen, wie die ersten. Hier sei nochmals an das erinnert, was ich im Zusammenhang mit Anaphylaxie und Idiosynkrasie S. 63 sagte.

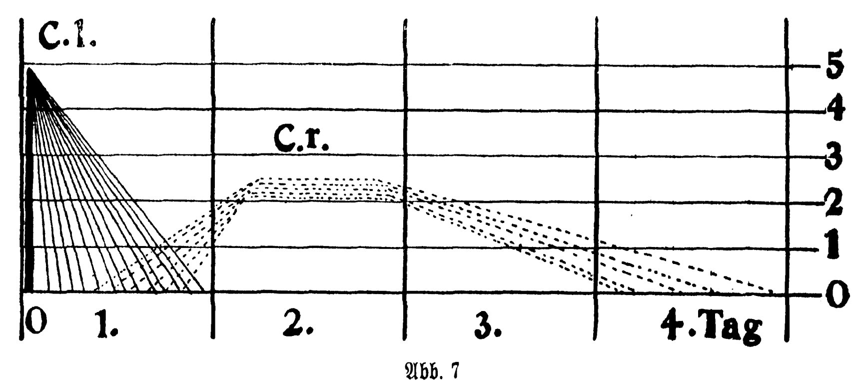


Abb. 7
Graphische Darstellung der Hautreaktion nach Stichen der deutschen Bettwanze (C l) und nach Stichen der tropischen Bettwanze (C r). Nähere Erklärung im Text, Original.

Meine Untersuchungen an verschiedenen Bettwanzen brachten noch andere Ergebnisse. Ich verwandte zunächst deutsche Bettwanzen (Cimex lectularius) Berliner und Dresdener Herkunft und Bettwanzen aus Habana (Kuba) (Cimex rotundatus). Beide Formen sind morphologisch wenig unterschieden, daß sie der Nichtkenner sicher verwechseln würde; recht verschieden aber ist die Wirkung ihrer Stiche. Stellen wir die Stichreaktionen der Haut empfindlicher Personen möglichst vereinfacht graphisch dar, so ergibt sich ein Bild, wie es Abb. 7 wiedergibt. Die Senkrechten trennen die einzelnen Beobachtungstage (1.—4.) ab. Bei „O" liegt für beide Wanzen der Augenblick des Einstiches, der also gleichzeitig erfolgt. Die Wagerechten deuten die Heftigkeit der Reaktionen (in 5 Stufen) an. Wir sehen, der Stich der deutschen Wanze (Abb. 7, C l) erzeugt sofort eine starke Reaktion (dicke, steil ansteigende Linie). Bereits nach 1—1½ Stunde klingen

sie aber ab, spätestens nach 12—24 Stunden ist alles verschwunden. Die ausstrahlenden dünnen Linien deuten den Abfall an. Ganz anders verläuft die Reaktion nach Habana-Wanzenstichen (Abb. 7, Cr, gestrichelte Linie). Zunächst ist gar nichts zu sehen. Die ersten Erscheinungen treten, anfänglich wenig bemerkbar, erst nach 12 bis 18 Stunden auf und äußern sich in Brennen, Jucken, Pusteln, Bläschenbildung usw. Die Heftigkeit der Erscheinungen bleibt hinter denen nach Bettwanzenstichen weit zurück, dafür dauern sie fast den ganzen zweiten Tag an, um erst mit dem dritten oder Schluß des vierten Tages auszuklingen. Man vergleiche den Verlauf der gestrichelten Linie in Abb. 7. Zeitlich ist also hier die Reaktion verschoben, gewissenmaßen spiegelbildlich umgekehrt. Wenn die Reaktionen nach dem deutschen Bettwanzenstich vergehen, treten die ersten Erscheinungen nach dem Habana-Bettwanzenstich erst auf. Man sieht, wie die Linien sich zeitlich überschneiden.

Besonders interessant ist ferner das Ergebnis, daß bei anderen Versuchspersonen deutsche Bettwanzenstiche starke Hauterscheinungen im Gefolge hatten, Habana-Wanzenstiche aber gar keine Reaktionen auslösten. — Das Beispiel muß genügen, Raum zu Erörterungen ist leider nicht vorhanden.

Die an Wanzen gemachten Beobachtungen weiter auszudehnen auf Mücken, Bremsen, Flöhe usw. wird unsere nächste Aufgabe sein.

Weitere Untersuchungen des Stech- und Saugaktes und der auftretenden Stichfolgen bestätigten die Erfahrungen, daß die einzelnen Personen gegenüber den empfangenen Stichen ungleich empfindlich sind, d. h. es gibt hochempfindlche, sehr empfindliche, voll empfindliche, wenig empfindliche, nicht empfindliche Personen. Die Haut mancher Personen reagiert auf einen Stich z. B. einer Mücke oder einer Wanze außerordentlich stark, bei anderen tritt nur eine schwache oder eine eben bemerkbare Reaktion auf[1]). Dabei muß aber noch nachdrücklich erwähnt werden, daß diese unterschiedliche Empfindlichkeit eine wechselnde ist oder sein kann. Es gibt Personen, die gegen alle Stiche hochempfindlich sind, andere sind gegen Flohstiche z. B. sehr empfindlich, gegen Mückenstiche kaum oder nicht empfindlich. Kurz,

[1]) Es sei bei dieser Gelegenheit auf folgende Tatsache hingewiesen. Kinder bekommen etwa in den Sommermonaten der ersten drei Jahre auf die ersten Mückenstiche hin oft ganz riesenhafte Beulen, Pusteln und Schwellungen. Die Köpfe dieser Kleinkinder sind durch diese Beulen oft ganz verunstaltet und deformiert. In späteren Jahren lassen diese Reaktionen an Heftigkeit rasch nach.

eine Fülle von Ausblicken ergeben sich durch diese Untersuchungen, auch nach der Seite der Konstitutionsforschung. Es sei gestattet, nur einige diesbezügliche Fragen aufzuwerfen. Werden Personen, die dauernd viel von Mücken z. B. gestochen werden, mit der Zeit gegen derartige Stiche unempfindlich? Bleiben sie dann lebenslang unempfindlich? Gibt es Personen, die immer empfindlicher, z. B. gegen Flohstiche, werden? Verändert sich die Empfindlichkeit mit zunehmendem Alter nach der positiven oder negativen Seite? Diese und hundert andere Fragen sind noch ungelöst. Ihnen nachzugehen ist das Ziel meiner weiteren Untersuchungen, wozu ich mir wieder die Hilfe der Notgemeinschaft erbitten möchte bzw. muß, denn anderweitige Hilfsquellen stehen mir nicht zur Verfügung.

Ein Maß der Empfindlichkeit, wenn ich so sagen darf, haben wir in den von mir ausgearbeiteten Methoden (die natürlich, wie alle Verfahren, noch weiter bildungsfähig sind), die eine graphische Darstellung der Befunde gestatten. Mit ihrer Hilfe konnte auch festgestellt werden, was mir ebenfalls nicht unwichtig erscheint, daß die Empfindlichkeit einzelner Personen eine wechselnde ist oder sein kann. Es gibt Personen, die zu bestimmten Zeiten auf Flohstiche sehr stark reagieren, und dieselben Personen reagieren zu anderen Zeiten kaum auf Flohstiche. Diese Beobachtungen führten noch Versuche nach anderer Richtung herbei, nämlich um festzustellen, ob durch entsprechende Vorbehandlung ein und dasselbe Insekt (z. B. ein Floh, eine Wanze) „giftiger" wird, sei es, daß der beim Stich der Haut eingespritzte Speichel der Menge oder der chemischen Beschaffenheit nach wechselt.

Es liegen Beobachtungen von mir bisher vor, die in dieser Richtung deuten. Verwiesen sei nochmals auf die Quaddelbilder in Abb. 4. Die Quaddel a ist verhältnismäßig klein, die Quaddel d ist um ein Mehrmaliges größer. Und doch handelt es sich in beiden Fällen um einfache Wanzenstiche. Weitere Einzelheiten muß ich mir versagen vorzutragen; der Hinweis auf die Probleme muß genügen, und letzten Endes soll hier ja nur Grundsätzliches erwähnt werden. Da nun nach den Untersuchungen anderer Forscher bekannt ist, daß in allen blutsaugenden Insekten sogenannte Symbionten[1]) leben, die auch mit den Speichel-

[1]) Erinnert sei an die klassischen Untersuchungen von Fritz Schaudinn, Generations- und Wirtswechsel bei Trypanosoma und Spirochaete. Arbeiten aus dem Reichsgesundheitsamt Bd. 20, 1904. Ferner an die neueren hervorragenden Arbeiten von Buchner, Tier und Pflanze in intrazellularer Symbiose, Berlin 1921; Studien an intrazellularen Symbionten II. Archiv für Protistenkunde Bd. 39, 1928 und andere mehr.

drüsen ihrer Wirte in der Mehrzahl der Fälle in irgendwelchen Wechselbeziehungen stehen, so eröffnet sich durch das Studium des Stech- und Saugaktes und seiner Nacherscheinung auch der Symbiontenforschung ein weiteres Feld, wie ich schon hervorhob. Hier ist wieder ein Punkt, wo das Sondergebiet an die allgemeinen biologischen Probleme — eben die Symbioseforschung — ihren Anschluß findet.

Nach diesen mehr allgemeinen Erörterungen und Ausblicken über erste Ergebnisse meiner Untersuchungen lege ich noch einige Einzelfälle dar zur Erläuterung des Ganzen.

Von den stechenden Insekten der Heimat macht sich im Frühsommer zeitweilig eine Art besonders unangenehm bemerkbar, es ist die Fliegengattung Culidoides (Ceratopogon), volkstümlich als „Gnitzen" bezeichnet.

Diese kleinen, etwa 1 mm großen Fliegen sehen unscheinbar schwarz aus; sie treten aber zeitweilig in großen Schwärmen auf. Die Stiche der Gnitzen, die meist in den Abendstunden verabfolgt werden, bewirken bei manchen Personen sehr heftige Reaktionen der Haut. Mir ist vor kurzem ein Fall bekannt geworden, in dem auf den Gnitzenstich hin sich zunächst bald verschwindende Quaddeln bildeten. Nach 24—72 Stunden entwickelten sich an den Stichstellen erst erbsen-, dann kirschen-, dann pflaumengroße Blasen, welche sich rasch ausbreiteten und später miteinander verschmolzen. Ausgedehnte Hautschädigungen kamen hier zustande. Daß derartige Blasenbildungen auch außerordentlich schmerzhaft und daß dadurch weiteren Infektionen Tür und Tor geöffnet sind, ist einleuchtend genug. Merkwürdigerweise scheinen in Mitteldeutschland viele Personen Gnitzenstichen gegenüber hochempfindlich zu sein.

Den „Gnitzen" verwandt sind die als sogenannte „Kribbelmücken" bezeichneten Simulium-Arten. Ihr Stich ist ebenso heftig und hat häufig den Tod von Pferden und Jungrindern zur Folge, besonders im Hannoverschen Gebiete.

Eine andere heimische Form, mit der sich sehr gut Stichversuche anstellen lassen, ist die Wasserwanze (Notonecta), volkstümlich auch als „Wasserbiene" bezeichnet[1]). Mancher Badende und mancher Fischer hat mit ihr schon unfreiwillige Bekanntschaft gemacht. Diese etwa 1,8 cm großen, lebhaften Tiere saugen das Blut bzw. den ganzen Körperinhalt anderer Wassertiere (sie greifen auch Jungfische an) aus.

[1]) Vgl. A. Hase, Über die Stiche der Wasserwanze Notonecta glauca L. Zoologischer Anzeiger Bd. LIX, 1924. S. 143—155.

Wie kompliziert die Stechwerkzeuge dieser Formen sind, und welchen Feinheitsgrad sie besitzen, soll Abb. 8 erläutern, die eine Stechborste (Maxille) der Wasserwanze bei 600facher Vergrößerung wiedergibt. Vier derartiger Borsten bilden in ihrer Gesamtheit das Stech- und

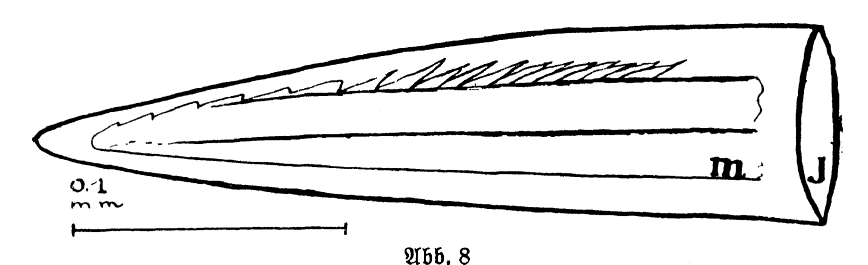


Abb. 8
Stechborste (m) einer Wasserwanze (Notonecta) 600:1. Zum Vergleich ist die Spitze einer feinsten Insektennadel (J) mitgezeichnet (bei gleicher Vergrößerung), Original.

Saugrohr. Zum Größenvergleich wurde eine feinste Insektennadel mitgezeichnet, in der die Stechborste der Wasserwanze vollkommen Platz hat. Ihren Mundstachel benutzt die Wasserwanze auch als Wehrstachel und sticht damit beim Anfassen sehr kräftig, ein Umstand, welcher das Experimentieren mit diesen Wanzen besonders erleichtert.

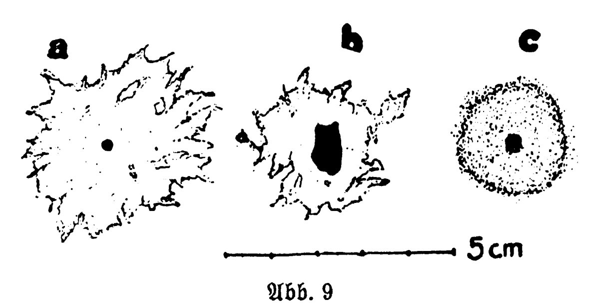


Abb. 9
Hautreaktion nach Stichen von Notonecta beim Menschen. a) Großer hyperämischer Hof um die Stichstelle, Quaddel (schwarz) soeben im Entstehen kurz nach dem Einstich; b) dieselbe Stichstelle 17 Minuten später, Quaddel voll entwickelt; c) dieselbe Stichstelle zirka $7^1/_2$ Stunde später. Deutliche Hämorrhagie, und erneute Bildung eines hyperämischen Hofes, Original.

Zahlreiche Stichversuche ergaben, daß man auch in diesem Falle nach dem Ausschlag der Stichreaktionen zwischen a) überempfindlichen, b) hochempfindlichen, c) sehr empfindlichen, d) voll empfindlichen, e) wenig empfindlichen, f) kaum empfindlichen Personen unter-

scheiden kann bzw. muß[1]). Als subjektive Empfindungen nach einem Stich dieses Insektes ist ein heftiges Prickeln und Stechen, oft wie ein elektrischer Schlag, zunächst zu spüren. Später entwickelt sich ein stark brennendes Gefühl. Auch Taubheit an der bestochenen Stelle ist eine häufige Erscheinung. Als objektiv beobachtbare Erscheinungen treten dann auf:

a) Blutaustritt aus dem Stichkanal;
b) Bildung eines großen roten Hofes (hyperämischer Hof, Erythema) um die Stichstelle;
c) Bluterguß in der Haut in der Nähe des Stichkanals (sog. Hämorrhagie);
d) Bildung einer mehr oder minder großen Quaddel, deren „Wachstum" man von Minute zu Minute mit Hilfe der oben angeführten „Glaspapiermethode" verfolgen kann.

Welche Veränderungen an einer von der Wasserwanze bestochenen Hautstelle innerhalb bestimmter Zeiten zu beobachten sind, soll Abb. 9 erläutern.

In Abb. 9a sieht man, wie sich kurz nach dem Einstich eine kleine, in der Abbildung schwarz gehaltene Quaddel gebildet hat, die von einem ausgedehnten roten Hof (punktiert) umgeben ist. Etwa 17 Minuten später hat sich das Bild geändert, der rote Hof (durch Punktierung markiert) ist in seiner Ausdehnung zurückgegangen, dafür ist die Quaddel (schwarz) sehr stark gewachsen. Nach Verlauf von weiteren 7 Stunden ungefähr bietet die Stichstelle wiederum ein anderes Bild (Abb. 9c). Um die Stichstelle hat sich ein blutiger Hof (Hämorrhagie) entwickelt, und von neuem tritt ein hyperämischer Hof (Rötung) auf, aber mit regelmäßiger Begrenzung. Zu beachten ist: es treten nach primären Stichfolgen noch sekundäre auf, die sich aber erst nach einer Latenzzeit von 6—8 Stunden entwickeln. Die Stichstelle rötet sich von neuem, Spannungs- und Hitzegefühle sind wieder spürbar, ebenso wie Brennen und Jucken. Die Hauttemperatur erhöht sich beträchtlich, so daß Temperatur*unterschiede* gegenüber der normalen Haut bis zu 3,78° gemessen werden konnten. Schließlich kommt es zu einer richtigen Entzündung, die erst nach 1—2 Tagen wieder verschwindet. Wir sehen, daß gerade die Wasserwanze ein gutes Versuchstier zu Stichversuchen ist, da die *Stichfolgen heftige* und *rasch auftretende* sind. Will man die verschieden hohe Emp-

[1]) Vgl. die Bemerkung auf S. 50 und Fußnote auf S. 68.

findlichkeit bestimmter Personen gegenüber Insektenstichen überhaupt prüfen, so ist diese Art sehr hierzu geeignet.

Sehr lehrreich ist ein Vergleich der Wirkung eines Wasserwanzenstiches und eines Bettwanzenstiches (BW. und WW. Abb. 10). Die senkrechten Linien geben die gleichen Zeitabstände wieder. Eingezeichnet ist die Quaddelentwicklung. (Wir beschränken uns hier auf diese.) Man sieht: bereits nach einer Minute tritt auf den Wasserwanzenstich die Quaddel auf, beim Bettwanzenstich tritt sie in diesem Falle erst nach vier Minuten auf. Nach 15 Minuten aber hat die erste Quaddel schon ihren Höhepunkt erreicht, bei der Bettwanze trat der

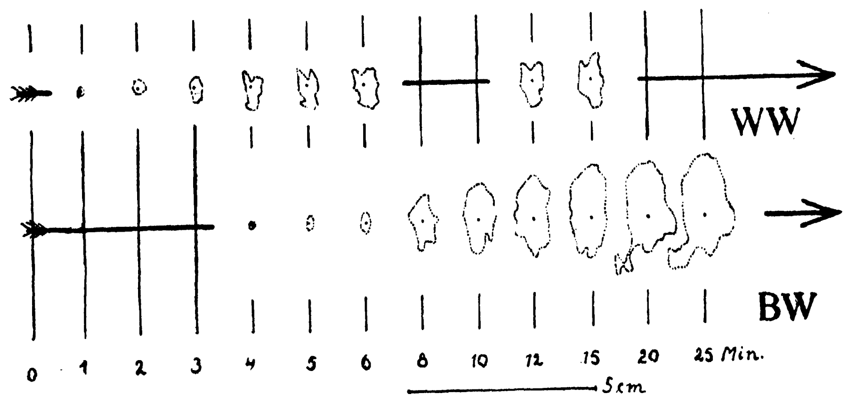


Abb. 10
Größenentwicklung und zeitliche Verschiebung von Quaddeln nach Wasserwanzenstichen (WW.) und nach Bettwanzenstichen (BW.) innerhalb gleicher Beobachtungszeiten vom Einstich (o) ab. Original.

Zustand erst nach 25 Minuten ein, dafür war die Quaddel um ein Vielfaches größer. Der für diese Darstellung vereinfachte Fall zeigt, daß die von mir eingeschlagenen Verfahren gestatten, auch so flüchtige Gebilde wie es Quaddeln sind, zeitlich und der Größe nach gut zu erfassen, und daß es gelingt, auch geringe zeitliche Verschiebungen festzulegen.

Zum Schluß bringe ich Ergebnisse von Untersuchungen an einer Stechfliege, und zwar der Pferdelausfliege (Hippobosca equina L.), die bisher kaum eingehender nach dieser Richtung untersucht worden war.

Im Jahre 1925 und 1926 konnte ich diese Stechfliege genauer untersuchen, ebenfalls nur Dank einer Unterstützung durch die Notgemeinschaft. In einer längeren Arbeit liegen die Ergebnisse vor[1]).

[1]) Vgl. Literaturangabe S. 53.

Diese Stechfliege ist in wärmeren Gegenden ungemein häufig, sie greift die großen Haustiere, aber auch den Menschen an. Man vermutet (!), daß sie in den subtropischen Gebieten Rotz und Milzbrand durch ihren Stich überträgt. Dieser schwerwiegende Verdacht rechtfertigt also, sich mit ihr eingehend zu beschäftigen. Durch entsprechende Haltung gelang es mir, an mir selbst die Pferdelausfliege zum Stechen und Saugen zu bringen. Der Stech- und Saugakt spielt sich hier in folgenden Phasen ab:

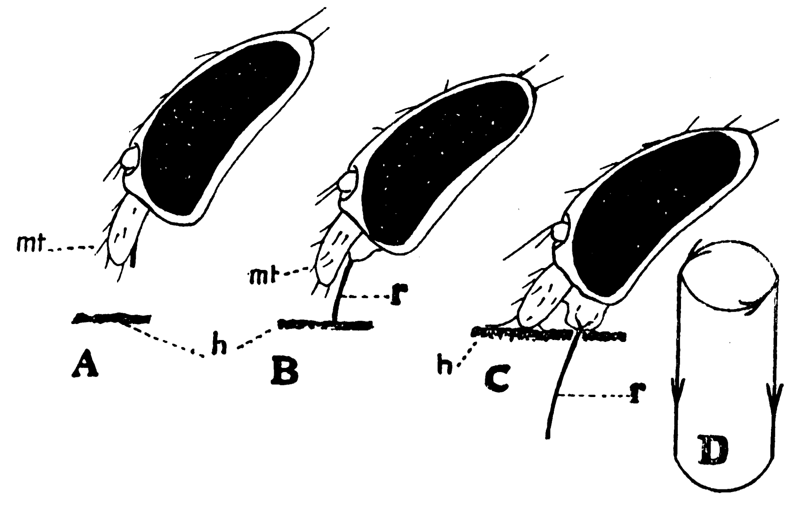


Abb. 11

A, B, C drei aufeinander folgende Stellungen des Kopfes und der Stechwerkzeuge beim Stechakt einer Pferdelausfliege. mt = Maxillartaster, h = Hautoberfläche, r = Stechrüssel (Haustellum). Vergrößerung etwa 30fach; D = die Pfeile geben die Dreh- und Bohrbewegung des Rüssels beim Einstich an. Vergrößerung etwa 30fach, Original.

Phase 1. Abtasten der Haut, um eine passende Stichstelle zu finden.
Phase 2. Einbohren des Rüssels (Haustellum).
Phase 3. Aufsaugen des Blutes.
Phase 4. Vorbereitungen zum Abflug und der Abflug selbst.

Mit Hilfe eigens erdachter Beobachtungsverfahren läßt sich die Bewegung des Kopfes und Rüssels verfolgen. Einzelne Teilbewegungen des Kopfes und des Stechrüssels veranschaulicht die Abb. 11 A—D.

In Abb. 11 A sehen wir den Kopf mit den riesigen, dunklen Augen, der Haut h genähert, die Maxillartaster decken noch den Stech- und Saugrüssel r, der soeben ein wenig hervortritt. In Abb. 11 B ist

das Tier der Haut noch näher gekommen. Der Rüssel wird soeben der Haut aufgesetzt und beginnt die Bohr- und Stechtätigkeit. Die Stellung nach vollendetem Einstich zeigt Abb. 11C. Der Rüssel r steckt tief in der Haut, die von den Maxillartastern jetzt berührt wird. In Abb. 11D veranschaulicht eine Skizze die komplizierten Dreh- und Bohrbewegungen des Stechrohres im Schemabild. Auch die Mechanik des Stechens ist eine sehr wechselnde bei den verschiedenen blutsaugenden Insekten und längst noch nicht in allen Einzelheiten geklärt.

Beim Beobachten des Stechens und Saugens dieser Fliege, sowie der Stichwirkungen ergab sich etwa folgendes. Erstens: es kommen auch Fehleinstiche vor, d. h. das Tier bohrt wohl seinen Rüssel in die Haut ein, es gelingt ihm aber nicht, Blut aufzusaugen. Auch hierfür konnte eine entsprechende Erklärung gefunden werden, wie in der betreffenden Arbeit näher erläutert wurde. Die Wirkung der Stiche der Pferdelausfliege aber — das Ergebnis überraschte mich selbst — ist bei mir äußerst gering, meist völlig fehlend. Der Einstich war in der überwältigenden Mehrzahl der Fälle überhaupt nicht oder kaum zu spüren. Leichte Rötungen, u. a. Austritt winziger Tröpfchen Blutes aus dem Stichkanal sind eigentlich die einzigen Folgen. Nacherscheinungen (sekundäre Stichfolgen) sind nicht zu verzeichnen. Wir haben hier also einen Fall vor uns, in dem eine Person, die auf Wanzen-, Läuse-, Mückenstiche hochempfindlich ist, auf die Stiche einer anderen blutsaugenden Art kaum oder nicht reagiert.

Unter Berücksichtigung dieser und anderer Tatsachen äußerte ich mich in meiner Arbeit über Hippobosca, von dem Sonderfall ausgehend, über die ganze Gruppe der Erscheinungen etwa in folgender Weise:

Es ist unmöglich, die ganze Fülle der Erscheinungen auf Insektenstiche hin so summarisch abzutun, wie es bisher meist geschehen ist. Wenn auch ein gewisser Teil der primären, sekundären, objektiven und subjektiven Erscheinungen auf Insektenstiche hin derselbe ist, da es sich eben um allgemeine Reaktionen der Haut handelt, so sind doch hinsichtlich der Wirkung wesentliche Unterschiede bei den Stichen der einzelnen blutsaugenden Insekten festzustellen. Zu der toxikologischen Verschiedenheit der Insektenstiche kommen die individuellen Verschiedenheiten der Versuchspersonen! Die individuellen Verschiedenheiten können örtlich und zeitlich wechselnde sein. Uns erwächst die Aufgabe, durch eine entsprechende fein ausgearbeitete Methode der Beobach-

tung alle Verschiedenheiten zu erfassen, ihnen nachzugehen und sie zu klären.

Anschließend an diese Beobachtungen soll noch ein Punkt kurz Erwähnung finden. Personen, die Insektenstiche nicht oder kaum spüren oder deren Haut nicht darauf reagiert, sind unter Umständen den Infektionskrankheiten, welche diese Formen übertragen, in erhöhtem Maße ausgesetzt. Z. B. wer Läusestiche nicht wahrnimmt, wird sich gegen den Befall kaum wehren, die Ansteckungsmöglichkeit mit Fleckfieber oder Rückfallfieber bleibt aber voll bestehen. Auch diese Tatsachen rechtfertigen es, unsere Kenntnisse über den Stech- und Saugakt, über die Stichfolgen, sowie über das Verhalten der blutsaugenden Tiere überhaupt zu vertiefen.

Da der verfügbare Raum ein beschränkter ist, so konnte nur ein kleiner Ausschnitt der bisher durchgeführten Untersuchungen in knapper Form eine Erwähnung finden. Es muß daher genügen, darauf hinzuweisen, daß ich meine Beobachtungen auch auf Tausendfüßler (Chilopoda) ausdehnte, die nicht blutsaugend im strengen Sinne sind. Sie haben aber mit den blutsaugenden Insekten gemeinsam, daß sie als „Gifttiere" (vgl. oben) anzusprechen sind. Die Mundwerkzeuge bewirken, außer der mechanischen Verletzung, auch eine Vergiftung der Wunde. Bisse dieser Formen bewirken ähnliche Veränderungen in der Haut wie Stiche von Insekten. In einer besonderen Arbeit schilderte ich Fälle von Bißfolgen, die bei mir und einer anderen Versuchsperson auftraten[1]). Auch diese Untersuchungen, die in Spanien ausgeführt wurden, sind eine Frucht der Unterstützung von seiten der Notgemeinschaft.

Schluß: Allgemeine Ausblicke

Die Einzelheiten habe ich möglichst zusammengefaßt, um noch Raum für einige weitere Ausblicke zu gewinnen. Erstrebt wird von mir, meine diesbezüglichen Untersuchungen fortzuführen. Die allgemeine und praktische Bedeutung der Arbeiten über blutsaugende und stechende Insekten bedarf, um die Bitte weiterer Förderung zu stützen, noch einer kurzen Erläuterung.

Bei dem ganzen Problem kann man unterscheiden:

[1]) A. Hase, Über die Giftwirkung der Bisse von Tausendfüßen, Zentralblatt für Bakteriologie, Parasitenkunde und Infektionskrankheiten Band 99, 1926. S. 325—332; ferner A. Hase, Neue Beobachtungen über die Wirkung der Bisse von Tausendfüßen (Chilopoda). Zeitschrift für Parasitenkunde Bd. 1, 1929 S. 76—99.

A. Aktiv beteiligte Personen. Hierunter verstehe ich die Forscher, welche sich vom wissenschaftlichen oder praktischen Standpunkte mit blutsaugenden Insekten, also den Schmarotzerinsekten, befassen. Teilprobleme gibt es hier mehr als genug.

B. Passiv beteiligte Personen. Das sind alle die Personen, welche durch ihren Beruf den Stichen der blutsaugenden und krankheitsübertragenden Insekten in erhöhtem Maße ausgesetzt sind wie: Landwirte, Förster, Obstbauer, Fischer, Desinfektoren, Gesundheitspfleger und Ärzte. Und schließlich jedermann! Denn werden nicht Tausende alljährlich von Mücken und Gnitzen zerstochen! Sterben nicht jährlich zahlreiche Personen infolge von Insektenstichen! „Tod durch Fliegenstich!" ist eine alltägliche Meldung in den Zeitungen während der Sommermonate. Ferner kann man unterscheiden:

Wir hörten, daß alle blutsaugenden Insekten als Gifttiere anzusprechen sind, wenn auch die Giftmengen unter Umständen recht gering sind — mithin kann man vom toxikologischen Standpunkte an das Problem herantreten. Wir hörten ferner, daß es sich bei den Stichfolgen um krankhafte Hautveränderungen handelt, folglich kann der Dermatologe sich mit diesen Formen befassen. Da schwere, oft tödliche Infektionskrankheiten die Folge von Insektenstichen sind (man denke an Malaria, Gelbfieber, Pest, Fleckfieber), so muß auch von hygienischer Seite aus dieser Formenkreis aufs stärkste berücksichtigt werden.

Für den mehr biologisch arbeitenden Forscher bieten die blutsaugenden Schmarotzer eine besondere Fülle von Aufgaben. Schon mehrfach wurde betont, daß das Zustandekommen von Stech- und Saugakt physiologische Probleme, wie das der Ernährung, Funktion der Sinnesorgane und andere aufs engste berührt. Auch auf die Zusammenhänge mit der Symbiontenforschung wies ich schon hin. Wer als Biologe sich mit parasitologischen Arbeiten befaßt, kann an den blutsaugenden Insekten unmöglich vorübergehen. Dabei ist es gleichgültig, ob mehr die Ziele der allgemeinen Entomologie im Auge behalten werden, oder ob Fragestellungen der angewandten Entomologie verfolgt werden. Folgende Fragen z. B.:

Wie findet ein Schmarotzerinsekt sein Wirtstier? Welche Warmblüter, welche Kaltblüter kommen als Wirte überhaupt in Betracht? Welche Körperstellen bevorzugt der Schmarotzer beim Blutsaugen? Wie lange saugt er Blut, und wieviel nimmt er bei jeder Mahlzeit auf? Wie ist die Blutverdauung? Wie ist die Giftigkeit der einzelnen

stechenden Insekten für bestimmte Wirtsgruppen? Wechselt die Giftigkeit regional und jahreszeitlich? Wie ist die geographische Verbreitung der einzelnen blutsaugenden Formen? Wie ist die Empfindlichkeit der einzelnen Menschen gegenüber Insektenstichen im allgemeinen, gegen Stiche einzelner Arten im besonderen? Werden Menschen und Haustiere unempfindlich gegen Insektenstiche? Verändern die blutsaugenden Schmarotzer ihre Lebensgewohnheiten, besonders die Stichgewohnheiten mit Änderung der ökologischen, d. h. der Umweltfaktoren? Diese und hundert andere Fragen drängen sich dem Parasitologen auf.

Schließlich sei noch eine praktisch so dringende und wissenschaftlich so schwierige Frage formuliert, nämlich die: Lassen sich chemische Stoffe finden oder herstellen, welche geeignet sind, die Angriffe blutsaugender Insekten auf den Menschen mit völliger Sicherheit abzuwehren, dadurch, daß man die Haut mit ihnen einreibt (ohne sie zu schädigen) oder die Kleider damit imprägniert? Ein Stoff, der diesen Anforderungen genügt, muß also, biologisch-physiologisch gesprochen, den Schmarotzerinsekten das Auffinden des Wirtes (in diesem Falle der Mensch) unmöglich machen, dadurch, daß er die Funktionen der Sinneswerkzeuge der angreifenden Insekten durch seine eigentümliche Wirkung außer Tätigkeit setzt.

Forschern, die sich mit pharmazeutischer Chemie befassen, ist hier Gelegenheit gegeben, ihre Kenntnisse in den Dienst dieses Problemes zu stellen. So viele Vorschläge man auch machte (man denke z. B. an die sogenannten Läusevertreibungsmittel der Kriegszeit), eine befriedigende Lösung ist noch längst nicht gefunden.

Die mannigfachen Teilprobleme, welche wir soeben formulierten, gruppieren sich alle mehr oder minder eng um das Kernproblem, welches lautet: Wie kommt der Stech- und Saugakt der blutsaugenden Insekten zustande, wie verläuft er, und was bewirkt er, welches sind seine unmittelbaren und späteren Folgen? Dieser Vorgang bringt uns mit den hier in Betracht kommenden Tierformen in direkte Beziehung, sowohl vom praktischen, wie vom wissenschaftlichen Standpunkte aus.

Ein parasitologisches Problem aus dem Gebiete der medizinischen Entomologie der Bedeutung, dem Inhalt und dem Umfang nach sollen diese Zeilen einem größeren Leserkreis näherbringen. Ich hoffe, daß es glückte, verständlich zu sein. Begründen soll diese Schrift aber auch, warum so mannigfache Apparate ein einzelner bisweilen von der Not-

gemeinschaft anfordert, und warum auch Reisen in subtropische Gebiete unternommen werden mußten. Der Hinweis auf die geschilderte, nicht ganz einfache Methodik der Untersuchungen und der Hinweis auf die nicht immer durchführbare Beschaffung von Versuchstieren in unserem Klima geben die rechtfertigende Erklärung für letztere Punkte.

Über die Wirkungsgröße der Umweltfaktoren bei der Massenvermehrung der Insekten

Von Regierungsrat Dr. E. Janisch, Berlin-Dahlem

Einleitung

Wie jede andere Naturwissenschaft kann auch die Biologie nach zwei Richtungen hin betrieben werden, um ihrer selbst willen und um des Menschen willen. Es liegt in der Natur der Sache, daß die Fragestellung in der reinen und angewandten Biologie andersartig sein muß, denn in dem einen Falle ist das Wissen um die Erscheinungen des Lebendigen Selbstzweck, in dem andern handelt es sich vielmehr darum, solches biologisches Wissen zu erwerben, das ein Eingreifen des Menschen in den Zyklus des lebendigen Geschehens ermöglicht, um den Lebensablauf der Organismen so zu gestalten, wie es im Interesse des Einzelmenschen, seiner Gesundheit, seines Wohlergehens und zur Förderung der Wirtschaft notwendig ist.

So ist das Ziel der angewandten Biologie entschieden weiter gesteckt als das der reinen. Allerdings sind es nicht immer die gleichen Fragen, welche in beiden Zweigen der Biologie wesentlich sind, denn nicht unbedingt alles, was mit dem Leben in Zusammenhang steht, wird im Sinne der angewandten Biologie von vornherein zweckdienlich erscheinen. Auch ist die Interessensphäre der Teilgebiete in der angewandten Biologie durchaus unterschiedlich, z. B. in dem größten, der Medizin, dessen Ziel die Gesunderhaltung des Einzelmenschen ist, anders als etwa in der angewandten Entomologie und der Phytopathologie, deren Aufgabe, wenn wir von der medizinischen Entomologie absehen, in der Gesunderhaltung der Nutzpflanzen und damit der Erhöhung des Ernteertrages und dem Schutz vor seiner Zerstörung liegt. Scharf zu trennen ist das jedoch alles nicht, denn die angewandte Biologie muß das lebendige Geschehen in seiner Gesamtheit begreifen, wenn sie ihr Endziel, den Lebenszyklus der Organismen nach den Wünschen und Bedürfnissen des Menschen soweit irgend möglich abzuwandeln, erreichen will. Und was heute unwesentlich für den praktischen Endzweck erscheinen mag, gewinnt morgen durch eine neue

Entdeckung oder einen neuen Gesichtspunkt eine nicht geahnte Bedeutung.

So kommt alles darauf an, den Zusammenhang der Teilgebiete der Biologie zu erhalten oder, wo er durch zu große Spezialisierung verlorenging, ihn wieder herzustellen. Ich wende mich damit nicht etwa gegen eine Spezialisierung überhaupt, weil gewiß ist, daß ohne eine solche ein Weitertragen der wissenschaftlichen Forschung zur Unmöglichkeit wird. Aber die kleinen Fragen der Einzelgebiete sind Teile von größeren, die über das einzelne hinausreichen. Es gehört zu den Aufgaben dieser Schrift, darzulegen, wie von solchen Teilfragen her die großen Probleme der allgemeinen Biologie angeschnitten werden und wie dann von da aus solches allgemeineres Wissen nicht nur zum Ausgangspunkt zurückstrahlt, sondern auch wegweisende Lichter in andere Gebiete wirft.

Um das Wesen der Forschungsarbeit in der angewandten Entomologie einem größeren Leserkreis darzulegen, ist die Massenvermehrung der Insekten gewählt, weil sie der angewandten Entomologie größte und umfassende Aufgaben stellt, die nur durch engstes Zusammenwirken und durch Gemeinschaftsarbeit gelöst werden können. Die wirtschaftliche Folge der Massenvermehrung schädlicher Insekten ist wohl jedem bekannt, ist doch von ihr im Laufe der Jahre immer wieder in den Zeitungen die Rede. Wir wissen noch, wie vor einigen Jahren die Forleule gewaltige Areale unserer Kiefernwälder verwüstete, wissen von dem Kahlfraß der Nonnenraupen in Fichten- und Kiefernbeständen, hören von Borkenkäferkalamitäten in den Wäldern, von Heu- und Sauerwurm und von der Reblaus in den Weinbergen. Wir lesen von den verheerenden Zügen der Heuschrecken in anderen Ländern, von der Ausbreitung des Schwammspinners in Nordamerika, von der Einschleppung schädlicher Insekten in fremde Kulturgebiete und leben selbst in Sorge um solche Einschleppung, z. B. des amerikanischen Kartoffelkäfers, der sich schon in Südfrankreich festgesetzt hat. Es ist wohl gewiß, daß wir bei einer Einbürgerung in Deutschland mit einem Verlust von einem Drittel unserer Kartoffelernte rechnen müssen. Handelt es sich hier um Großschädlinge, deren Einwirkung auf das Wirtschaftsleben auch dem Laien klar ist, so treten andere Insektenschäden nicht so augenfällig, wenigstens der Allgemeinheit nicht, in Erscheinung, weil sie jahraus, jahrein bald stärker, bald schwächer den Ernteertrag mindern, wie die große Zahl der Schädlinge in Wald und Feld, deren Namen in vielen Fällen nur dem Fachmann bekannt

sind, deren Wirken aber der Bauer und Forstwirt spürt. Die Werte, welche die deutsche Wirtschaft durch Insektenfraß und Krankheiten der Kulturpflanzen verliert, beziffern sich in die Milliarden Goldmark. So ist es begreiflich, daß Ausgaben für biologische Untersuchungen, deren Endziel die Bekämpfung solcher Großschäden ist, als Geschäftsunkosten angesehen werden müssen, die sich hochprozentig verzinsen, auch dann schon, wenn durch Erweiterung unserer Kenntnisse der Ernteertrag nur um ein Weniges gesteigert werden kann.

Über die Aufgabengebiete der angewandten Entomologie ist bereits in dem fünften Bericht der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft von 1926 die Rede gewesen. Es ist dort gesagt worden, daß vor allem die Frage nach den Ursachen der Massenvermehrungen und ihres natürlichen Zusammenbruchs einer dringenden Bearbeitung harrt.

Es ist heute auch noch durchaus offen, wie die Zusammenhänge zwischen den Tierformen eines Gebietes (der Biozönose) beschaffen sind und ob etwa der Ausfall eines Parasiten das Hochkommen der normalerweise parasitierten Form bewirkt. Aber wie dem auch sei, jedenfalls ist dann auch gerade dieser Ausfall des Parasiten durch Faktoren bedingt, die sicherlich ähnlich denen sind, welche überhaupt den Entwicklungsgang der Insekten beeinflussen. Es ist im Grunde genommen gleichartig, ob man danach fragt, welche Gründe für den Ausfall des Parasiten verantwortlich zu machen sind, oder danach, welche Faktoren die Entwicklung der Schadformen hintanhalten oder begünstigen oder zu einer Dezimierung der Insekten nach einer Massenvermehrung führen. Alle sind sie in dieselbe Umwelt hineingestellt, sind von den gleichen klimatischen und Witterungsfaktoren abhängig; nur darauf kommt es an zu wissen, wie die einzelnen Formen auf die Änderung dieser Faktoren reagieren; denn das ist offenbar, daß diese Reaktion unterschiedlich sein muß, sonst könnte es eben nicht zu einer Massenvermehrung kommen.

Die Untersuchungen über die Biozönosen geben uns ein Bild über die Zusammensetzung der Fauna eines Gebietes und über das zahlenmäßige Verhältnis von Nutz- und Schadformen. Aber mit der Feststellung der Tatsache des Zahlenverhältnisses in Jahren von Massenvermehrungen der Schadinsekten und in Jahren ohne solche ist ihre Aufgabe erfüllt. Die Kenntnis davon ist allerdings wichtig genug, weil von dieser Basis aus weitere Arbeit wesentlich erleichtert wird. Andere Methoden zeigt die historisch-statistisch-klimatologische Forschung, die aus Erhebungen verschiedener Art festzustellen versucht, wie-

weit die Massenvermehrungen örtlich und klimatisch bedingt sind. Solche Untersuchungen erfordern naturgemäß eine Breite, die nur durch jahrzehnte lange Erhebungen ermöglicht wird, dann aber ergeben sie ein Bild, das unsere Kenntnisse wesentlich erweitert.

Ein anderer Weg, die Ursachen der Massenvermehrung und ihres Zusammenbruchs kennenzulernen, ist durch das biologisch-physiologische Experiment gegeben, ja, es ist das vielleicht der einzige Weg, der wirklich die inneren Gründe herauszufinden vermag; denn sowohl die statistische wie auch die Biozönoseforschung muß die Verhältnisse und Bedingungen so hinnehmen, wie sie in der freien Natur in ihrer ganzen Kompliziertheit gegeben sind, mit ihrem Wechsel von Wärme und Kälte, von Trockenheit und Feuchtigkeit, Hunger, Krankheitsdisposition usw., hat aber keine Möglichkeit, die Einzelfaktoren des Klimas (z. B. Feuchtigkeit, Temperatur) aus dem Gesamtkomplex herauszulösen.

Das biologisch-physiologische Experiment dagegen arbeitet kausalanalytisch, es trennt die Einzelfaktoren, untersucht jeden für sich und im Zusammenhang mit anderen und stellt ihre Wirkungsgröße auf die verschiedenen Tierformen fest. Das bedingt notwendigerweise quantitative Arbeit, deren Wert in der Genauigkeit der Messungsmethoden, z. B. für Temperatur und Feuchtigkeit, liegt, wenn es sich etwa darum handelt, die Entwicklungsgeschwindigkeit, die Vermehrungsziffer, die Giftanfälligkeit und die Krankheitsdisposition der Insekten zahlenmäßig festzustellen. Wie in den weiteren Darlegungen ausführlich begründet wird, müssen als Hauptursachen für das Entstehen oder Unterbleiben von Massenvermehrungen die extremen Außenbedingungen angesehen werden, z. B. hohe oder tiefe Temperaturen verbunden mit Nässe oder Trockenheit. Je nach seiner inneren Organisation wird der eine Organismus auf sie anders reagieren als der andere, also etwa die Schadform anders als die Nutzform, die Nonne anders als die Forleule oder der Borkenkäfer. Wenn auch das biologisch-physiologische Experiment nur in engster Anlehnung an die statistische und Biozönoseforschung zu arbeiten vermag, so ergibt sich doch die Notwendigkeit, auch von sich aus diese extremen Bedingungen in der freien Natur festzustellen, denn über das, was die angewandte Biologie wissen muß, kann die metereologische Berichterstattung, welche die statistische Untersuchung in der Hauptsache benutzt, nur in groben Zügen Auskunft geben, da sie nur die allgemeinen klimatischen und Witterungsverhältnisse registriert, nicht aber die Temperaturen und

die Feuchtigkeiten an den Stellen mißt, an denen die Organismen leben, also z. B. in belaubten und kahlgefressenen Bäumen, an den Baumstämmen, in ihren Ritzen und Spalten, wo beispielsweise die Nonneneier abgelegt werden, am und im Boden, wo die Forleulenpuppen und Kiefernspinnerraupen überwintern und dergleichen mehr.

Hier muß sich die Biologie selbst helfen, wenn sie über die in der unmittelbaren Umgebung der Insekten vorliegenden Umweltfaktoren Aufschlüsse braucht. Dann können im Experiment die Bedingungen so gestaltet werden, daß sie den tatsächlichen Verhältnissen in der Natur nachgebildet sind. Das Experiment selbst aber muß die Variation solcher Außenfaktoren in jeder Kombination durchführen, und zwar in gut kontrollierbarer Form, um mit Sicherheit die Reaktionsfähigkeit der Organismen auf die Änderung der Faktoren zahlenmäßig genau zu ermitteln.

Damit sind wir aber schon mitten in einer Forschungsmethode, die in derselben Richtung geht wie die quantitative Biologie überhaupt, die sich in den letzten Jahrzehnten mehr und mehr entwickelt hat und deren Aufgabe es ist, den Reaktionsgesetzen im Organismus nachzugehen. Die Biologie ist auf dem Wege, aus einer rein beschreibenden zu einer exakten Wissenschaft im Sinne der Physik zu werden, indem sie die Naturgesetze zu ermitteln versucht, welche das lebendige Geschehen in seiner Größe und Richtung bestimmen. Es liegt in der Natur der Sache, daß Maß und Zahl in einer solchen quantitativ arbeitenden Biologie dieselbe Bedeutung zukommt, die sie in der Physik und Chemie seit langem haben.

Ein Unterschied allerdings ist grundlegend für die Methoden, die zu der Formulierung von Naturgesetzen in der Physik und Chemie einerseits und der Biologie andererseits führen, daß nämlich die Biologie einem ungleich viel komplizierteren Objekt, dem lebendigen Organismus, gegenübersteht, dessen Erscheinungen in einem typisch heterogenen System, dem Protoplasten, ablaufen. Physik und Chemie haben es mit viel einfacheren, homogenen Systemen zu tun, deren Reaktionsgesetzen viel leichter näherzukommen ist, denn sie sind in der Lage, durch Annahme einfacher Hypothesen oder auf Grund von Definitionen Idealfälle zu konstruieren[1]), eine Möglichkeit, die der

[1]) Erinnert sei nur an die Fallgesetze, die im luftleeren Raum und für die Wirkung nur eines Schwerefeldes gelten, an das Boyle-Mariottesche und Gay-Lussacsche Gesetz über das Verhältnis von Druck und Volumen für ideale Gase.

Biologie im weitesten Maße abgeht. Durch die These, daß die Gesetzmäßigkeiten in jedem Moment des Geschehens (das Momentangesetz) einfacher sind als im Gesamtverlauf (das Gesamtgesetz), sind Physik und Chemie durch das differentielle Denken, das die Grundlage für die Aufstellung ihrer Gesetze ist, charakterisiert. In der Biologie ist das momentane Geschehen ebenso komplex wie der Gesamtverlauf, denn die Teilvorgänge stehen im Organismus im innigsten Zusammenhang miteinander, der durch die Ganzheit der Individualität gegeben ist.

Wir können uns in der Biologie nur an den Gesamtverlauf der Erscheinungen halten und von hier aus versuchen, die Naturgesetze des lebendigen Geschehens zu formulieren[1]). Die Grundlage hierzu bietet die Darstellung der durch das Experiment gewonnenen zahlenmäßigen Ergebnisse in Kurvenform und ihr Vergleich mit mathematischen Funktionen. Wenn es gelingt, die Gleichgestaltigkeit der biologischen Kurve mit der mathematischen nachzuweisen, also die Homologie der beiden festzustellen dadurch, daß man beide durch ein Kongruenzverfahren zur völligen Deckung zu bringen sucht, so sind wir in der Lage, das Gesetz, welches den biologischen Vorgang beherrscht, in mathematischer Form zum Ausdruck zu bringen, d. h. die innere funktionale Beziehung des beobachteten biologischen Symptoms in seiner Abhängigkeit von den sich ändernden Systembedingungen mathematisch genau zu formulieren.

An einem Beispiel, das uns wieder zu unserem Ausgangspunkt, den Ursachen für die Massenvermehrung der Insekten, zurückbringt, mag das näher auseinandergesetzt werden. Die durchschnittliche Entwicklungsgeschwindigkeit der Organismen in ihrer Abhängigkeit von der Temperatur erscheint bei der graphischen Darstellung über einen gewissen mittleren Temperaturbereich hinweg als gerade Linie, bei höheren und niederen Temperaturen jedoch finden sich S-förmige Abweichungen, die sich weit von der geraden Linie entfernen. Nun hat man gesagt, daß die Entwicklungsgeschwindigkeit sich innerhalb des entsprechenden Temperaturbereichs, der sog. Behaglichkeitszone, in Form der Geraden darstellt, daß aber bei extremen Temperaturen Schädigungen auftreten, welche die Abweichungen hervorrufen. Da aber nach allem, was wir wissen, wahrscheinlich ist, daß gerade diese

[1]) Näheres darüber siehe mein Buch: Das Exponentialgesetz als Grundlage einer vergleichenden Biologie, Springer, Berlin 1927, und meine demnächst erscheinende Arbeit: Grundlagen und Methoden einer natürlichen Analyse der Lebensvorgänge.

Schädigungen es sind, welche einer Massenvermehrung der Insekten entgegenwirken, kann die angewandte Entomologie sich mit der Näherungsformel der geraden Linie nicht begnügen, sondern muß versuchen, eben diese Abweichungen ebenso funktional zu erfassen wie den Verlauf der Reaktion in der Behaglichkeitszone. Ich konnte 1925 nachweisen[1]), daß die Geradlinigkeit der Entwicklungsgeschwindigkeit nur vorgetäuscht wird, und daß die Entwicklungsdauer der Insekten viel genauer durch eine mathematische Funktion darstellbar ist, die als Kettenlinie bezeichnet wird, deren Form entsteht, wenn man eine Kette an ihren Enden faßt und durchhängen läßt. Da Zeit und Geschwindigkeit in einem reziproken Verhältnis zueinander stehen (Geschwindigkeit = Weg durch Zeit), so wird die Entwicklungsgeschwindigkeit der Insekten dann durch die reziproke Funktion der Kettenlinie dargestellt, d. h. wenn die Entwicklungsdauer mit y bezeichnet wird, so ist die Entwicklungsgeschwindigkeit $1:y$. Durch diese Kettenliniereziproke werden nun auch die erwähnten S-förmigen Abweichungen von der geraden Linie erfaßt, so daß diese mathematische Funktion eine weitgehende Homologie mit dem tatsächlichen biologischen Befund zeigt (vgl. Abb. 1).

Die Temperaturabhängigkeit biologischer Vorgänge gehört zu den Problemen der quantitativ arbeitenden Biologie, dessen Lösung auf den verschiedensten Wegen in neuerer Zeit immer wieder versucht worden ist. Wir sehen aber, daß auch die Spezialfragen in der angewandten Entomologie sich aufs engste an die allgemeineren Fragen der Biologie anlehnen, nur daß sie hier viel dringender einer Lösung zugeführt werden müssen, weil sie Grundvoraussetzung für die Klärung des Kalamitätenproblems ist.

Schwieriger noch ist der quantitative Einfluß der Feuchtigkeit auf die Lebensvorgänge der Insekten festzustellen, vor allem, weil die Wirkungsgröße der Feuchtigkeit je nach der herrschenden Temperatur anders ist. Wir müssen auch hier versuchen, die Naturgesetze, welche das biologische Geschehen leitend bestimmen, mathematisch zu formulieren, denn aus der Kenntnis der Reaktionsgesetze ergibt sich der zahlenmäßige Vergleich der Reaktionsfähigkeit der einzelnen Organismen, insbesondere auch von Schadform und Nutzform, welche dann wieder Ursache für das Verhältnis von Parasit und Wirt unter

[1]) **E. Janisch: Über die Temperaturabhängigkeit biologischer Vorgänge und ihre kurvenmäßige Analyse. Pflügers Archiv für die gesamte Physiologie 209, 414, 1925.**

den jeweiligen klimatischen und Witterungsverhältnissen ist. Vor allem aber — und das erscheint als das Wichtigste — ist die genaue mathematische Formulierung der Reaktionsgesetze Ausgangspunkt für die Berechnungsmöglichkeit zukünftiger Ereignisse. Wenn wir z. B. wissen, daß im Spätsommer die in kahlgefressenen Fichtenbeständen abgelegten Nonneneier einer bestimmten hohen Temperatur ausgesetzt waren und bestimmte Feuchtigkeitsverhältnisse herrschten, die durch Messungen leicht feststellbar sind, oder wenn wir ebenso die Witterungsfaktoren im Frühjahr beim Ausschlüpfen der jungen Nonnenräupchen kennen, so ermöglicht die Kenntnis von den Reaktionsgesetzen des Organismus die Berechnung, ob von den Eiern oder jungen Raupen soundso viel Prozent zugrunde gehen werden, gegebenenfalls also eine Kalamität nicht zu erwarten ist, oder ob mit einem Massenauftreten gerechnet werden muß, das dem Forstwirt Veranlassung gibt, Bekämpfungsmaßnahmen in die Wege zu leiten, Leimringe anzulegen oder die Wälder vom Flugzeug aus mit Gift bestäuben zu lassen. Da aber Bekämpfungsmaßnahmen immer eine Sache der Rentabilität sind, ist ohne weiteres ersichtlich, welche wirtschaftlichen Werte auf der Gewinnseite gebucht werden können, wenn die Rechnung eine Prognose ermöglicht.

Damit ist das Ziel der angewandten Entomologie in den hier zur Rede stehenden Fragen umrissen und die Methode des biologisch-physiologischen Experiments in großen Zügen dargelegt. Es versteht sich nach dem Gesagten von selbst, daß die Aufgaben nur dann gelöst werden können, wenn die Untersuchungen mit einer exakt arbeitenden Apparatur durchgeführt werden, die es gestattet, die Bedingungen der Natur genau kennenzulernen und bis ins feinste nachzuahmen und meßbar zu variieren. Da es sich hierbei in den allermeisten Fällen um neu einzuschlagende Wege handelt, ist eine Neueinrichtung mit Instrumenten und Apparaten notwendig, deren Anschaffungspreis wegen der Präzision, mit der gearbeitet werden muß, oft weit über das hinausgeht, was ein Institut zu leisten imstande ist. Es ist außerordentlich dankenswert, daß die Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft hier in großzügiger Weise hilft. In den folgenden Ausführungen, welche die Ursachen für die Massenvermehrung der Insekten näher darlegen sollen, sind Ergebnisse mitgeteilt, die zum großen Teil nur durch die Hilfe der Notgemeinschaft ermöglicht worden sind. Meinen Dank auch an dieser Stelle auszusprechen, ist mir eine selbstverständliche und angenehme Pflicht.

I. Die Entwicklungsdauer der Insekten in ihrer Abhängigkeit von Temperatur und Feuchtigkeit

Die Umwelt, in welche die Insekten hineingestellt sind, unterliegt einem ständigen Wechsel. Wenn auch das Klima in den verschiedenen Gegenden der Erde bezirksweise einen bestimmten, eigentümlichen Charakter hat, wenn auch z. B. die Linien der gleichen durchschnittlichen Monats- oder Jahrestemperatur (die Isothermen) einigermaßen stetig verlaufen, so ist doch die Witterung, besonders in unseren Zonen, so unterschiedlich, daß die Organismen bald höheren, bald niedrigeren Temperaturen und Feuchtigkeit oder Trockenheit ausgesetzt sind. Es mag darum im ersten Augenblick wenig zweckdienlich erscheinen, daß das Experiment zunächst mit konstanten Temperaturen und Feuchtigkeitsverhältnissen arbeitet, die in der freien Natur niemals realisiert sind.

Die Beobachtung z. B. der Entwicklungsdauer eines Insekts in der natürlichen Umgebung steht jedoch vor einem Naturgeschehen kompliziertester Art, und die Versuche, mit ihrer Hilfe zu allgemeingültigen Grundregeln zu gelangen, mußten an der Unübersichtlichkeit der Verhältnisse und den oft sich widersprechenden Ergebnissen immer wieder scheitern. Es ist beispielsweise versucht worden, die Entwicklungsdauer zu der Summe der gemessenen Temperaturen in Beziehung zu setzen, indem man beobachtete, in welcher Zeit eine Insektenart unter den gegebenen Verhältnissen seine Entwicklung beendet. Die so ermittelte „Wärmesumme" sollte dann eine für die betreffende Tierart charakteristische Konstante sein und angeben, welche Wärmemenge der Organismus bei seiner Entwicklung verbraucht. Es ist offensichtlich, daß die Addition von irgendwie gemessenen Temperaturen völlig willkürlich ist und niemals eine „Wärmemenge" darstellt, die in Kalorien zu messen wäre, aber nicht in Celsiusgraden. Außerdem ist der Organismus außerstande, Wärme aus seiner Umgebung herauszuziehen und gewissermaßen zu speichern, etwa wie er Nahrung zu sich nimmt. Diese als „Wärmesummenregel" bezeichnete Methode hat einige Zeit in der Phänologie eine Rolle gespielt, mußte aber wegen ihrer ganz unwissenschaftlichen Grundlage aufgegeben werden.

Wenn wir das Leben der Insekten in seiner klimatischen Bedingtheit begreifen wollen, so bleibt nichts übrig, als die Natur zu vereinfachen, indem wir die Einzelfaktoren aus dem Gesamtkomplex herausnehmen und jeden für sich variieren. Es ist dabei selbstverständlich, daß

das Experiment mit der Beobachtung in der freien Natur Hand in Hand zu gehen und seine Bedingungen nach den wirklichen Verhältnissen zu orientieren hat. Das Experiment stellt dann die Reaktionsfähigkeit des Organismus auf jeden Faktor getrennt fest, indem es die übrigen im Optimum konstant hält, und geht erst dann zu komplizierteren Verhältnissen über, wenn die Einzelfragen gelöst sind, um so der wirklichen Reaktion der Organismen näherzukommen.

Ich stelle hier die Temperatur in den Vordergrund, einmal, weil sie bislang am genauesten untersucht ist, dann aber auch, weil sie wohl die Hauptrolle unter den klimatischen Faktoren spielt. Als ebenso wichtig ist die Feuchtigkeit anzusehen, vor allem dann, wenn sie mit der Temperatur in ihren Extremen gepaart wird. Jedoch liegen quantitative Untersuchungen über die Wirkungsgröße der Feuchtigkeit, hauptsächlich wohl wegen der ungleich schwierigeren Meßmethodik, bis jetzt kaum vor. Da es sich aber hier weniger darum handelt, Einzeltatsachen zu geben als das Grundsätzliche zu beleuchten, mag die Temperaturwirkung genügen, um den Fragenkomplex, der die Massenvermehrung der Insekten umgibt, aufzurollen und die Wege anzugeben, auf denen eine Lösung möglich erscheint.

Als erstes muß uns die Frage nach der Temperaturabhängigkeit der Entwicklungsdauer in konstanten Temperaturen gelten. Wir wissen seit langem, daß sie größer bei niederen, kleiner bei höheren Temperaturen ist, aber in bezug auf die Gesetzmäßigkeit, welche die biologische Reaktion beherrscht, standen sich zwei Meinungen diametral gegenüber, die in der sogenannten Wärmesummenregel und der Reaktionsgeschwindigkeit — Temperatur (RGT) Regel nach van't Hoff ihren Ausdruck gefunden haben. Die erste besagt, daß die Entwicklungsdauer bei verschiedenen Temperaturen sich in der Form einer Hyperbel, die zweite, daß sie sich in der Form einer Exponentiallinie ändert. Die Entwicklungsgeschwindigkeit müßte als reziproke Größe der Entwicklungsdauer im ersten Falle wie eine gerade Linie verlaufen. Es wurde jedoch schon in der Einleitung S. 85 gesagt, daß das nicht der Fall ist, sie vielmehr S-förmig gestaltet ist. Bei der Gültigkeit der RGT-Regel würde zwar die Kurve ebenfalls S-förmig von der Geraden abweichen, aber in genau umgekehrter Richtung wie bei der biologischen Kurve. Auf die ganze Situation hier näher einzugehen, ist ohne genauere mathematische Auslassungen nicht möglich[1]), darum mag in diesem Zusammenhang die Feststellung genügen, daß weder die RGT- noch die

[1]) Näheres darüber siehe Janisch 1927, S. 12ff.

Wärmesummenregel den wirklichen biologischen Tatbestand zu erfassen vermögen.

Am wichtigsten erscheint die Tatsache, daß sowohl die Hyperbel wie die Exponentiallinie eine ständige Verkürzung der Entwicklungsdauer mit steigender Temperatur fordern, die biologisch in keinem Falle realisiert ist. Vielmehr finden wir von einer bestimmten höheren Temperatur ab, daß der Organismus wieder längere Zeit braucht, um seine

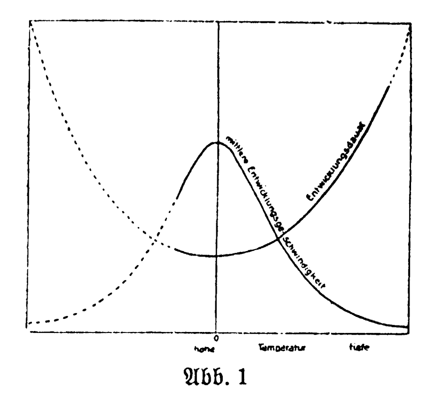


Abb. 1

Die Temperaturabhängigkeit der Entwicklungsdauer der Insekten als symmetrische Kettenlinie und der Entwicklungsgeschwindigkeit als Kettenliniereziproke. Formel der Entwicklungsdauer:

$$y = \frac{m}{2}(a^x + a^{-x}).$$

Formel der Entwicklungsgeschwindigkeit

$$\frac{1}{y} = \frac{m}{2}(a^x + a^{-x}).$$

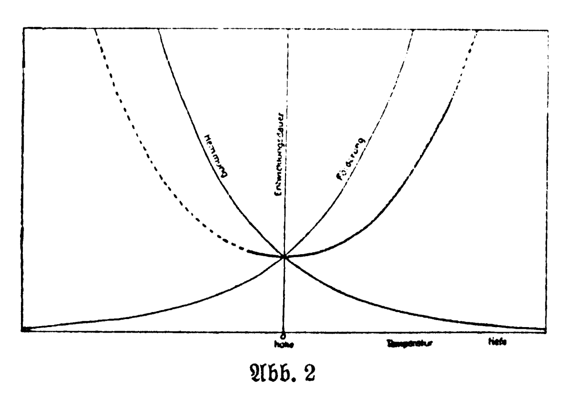


Abb. 2

Die Kurve der Entwicklungsdauer als Kettenlinie entsteht als Resultierende von zwei gegeneinander wirkenden Teilprozessen, welche die Größe der Förderung

$(y = ma^x)$

und der Hemmung

$(y = ma^{-x})$

der Entwicklungsvorgänge bei Temperaturerhöhung ausdrücken.

Entwicklung zu vollenden, d. h. es existiert ein Wärmepunkt, an dem die Entwicklungsdauer ein Minimum erreicht. Ich konnte 1925 durch ein Großexperiment mit Mehlmotteneiern nachweisen, daß die biologische Kurve der Temperaturabhängigkeit die Form der mathematischen Kettenlinie hat, welche in Abb. 1 dargestellt ist[1]). Dann wird die Kurve der mittleren Entwicklungsgeschwindigkeit durch die S-förmige Linie in Abb. 1 wiedergegeben. Die biologische Realität der

[1]) Sämtliche Abbildungen dieser Arbeit sind in der vorliegenden Form neu.

Kettenlinie konnte 1927 von A. Hase[1]) und C. Börner[2]) bestätigt werden, so daß sie experimentell genügend fundiert ist, um weitere Schlußfolgerungen aus der mathematisch-biologischen Situation zu ziehen.

Es läßt sich nämlich ableiten, daß die Reaktion des Organismus, die wir als Entwicklungsdauer beobachten, von zwei Teilprozessen ab-

Die Temperaturabhängigkeit der Entwicklungsdauer (oben) als asymmetrische Kettenlinie. Das punktierte Kurvenband umschließt die Variationsbreite der Beobachtungen (Embryonalentwicklung der Mehlmotte). Unten die zugehörige Entwicklungsgeschwindigkeit.

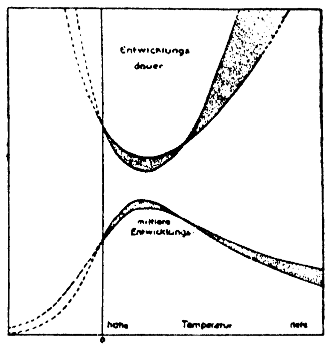


Abb. 3

Die Entwicklungsdauer als modifizierte Kettenlinie, in der im Koordinatenanfang (= kritischer Wärmepunkt) die Entwicklungsdauer unendlich groß, die -Geschwindigkeit gleich Null wird.

Formel der Entwicklungsdauer:

$$y = \frac{m}{2}\left(a^x + a^{\frac{1}{x}}\right)$$

Formel der Entwicklungsgeschwindigkeit:

$$\frac{1}{y} = \frac{m}{2}\left(a^x + a^{\frac{1}{x}}\right).$$

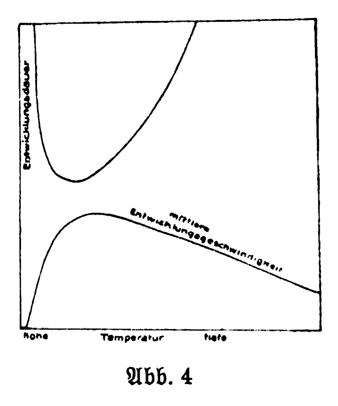


Abb. 4

hängig ist, die als Förderung und Hemmung definiert werden können. Die Kettenlinie entsteht — rein mathematisch genommen — als Resultierende aus zwei gegeneinander verlaufenden Exponentialfunktionen,

[1]) Über Temperaturversuche mit den Eiern der Mehlmotte (Ephestia Kuehniella Zell.) Arbeiten der Biologischen Reichsanstalt für Land- und Forstwirtschaft Bd. 15 Heft 2, 1927.

[2]) Über den Einfluß der Nahrung auf die Entwicklungsdauer von Pflanzenparasiten nach Untersuchungen an der Reblaus. Zeitschrift für angewandte Entomologie 13, 108, 1927.

die nun biologisch das Wesen der Hemmung und Förderung darstellen, wie in Abb. 2 schematisch wiedergegeben ist.

Je höher die Temperatur ist, desto größer wird die Hemmung und bewirkt die oben beschriebene erneute Verlängerung der Entwicklungsdauer. So ist also die van't Hoffsche Regel wohl in den Teilprozessen des uns hier entgegentretenden biologischen Geschehens gültig, nicht aber in dem Gesamtprozeß, der sich in dem Symptom „Entwicklungsdauer" kundtut.

In ausführlicher Darstellung habe ich dann 1927 dargelegt, wie der gesetzmäßige Verlauf der biologischen Prozesse des Stoffwechsels, der Reizbarkeit usw. aus dem Zusammenwirken mehrerer Teilvorgänge heraus verstanden und mathematisch nach dem Prinzip der Kettenlinie analysiert werden kann. Es wurde weiter ausgeführt, daß das vielfältige Ineinanderspielen der mannigfachen Teilprozesse des lebendigen Geschehens, die eben das ausmachen, was wir Leben nennen, mathematisch nur begriffen werden kann, wenn man die These aufnimmt, daß sie alle auch durch eine funktionale Wesensgleichheit gesetzmäßig miteinander verknüpft sind. Es konnte gezeigt werden, daß das aus der mathematischen Struktur der Kettenlinie abgeleitete und von mir als Exponentialgesetz bezeichnete Prinzip, die Teilvorgänge des biologischen Geschehens als exponentiale Funktionen[1]) zu interpretieren, eine große heuristische Fruchtbarkeit besitzt.

Durch dieses Exponentialgesetz wird nun die Kenntnis einer Fülle von Kurvenformen vermittelt, die es gestattet, der Gesetzmäßigkeit bei der Temperaturabhängigkeit der Entwicklungsvorgänge näherzukommen. Die in Abb. 1 wiedergegebene Kurve der Entwicklungsdauer gibt Mittelwerte an und umfaßt in dem dick ausgezogenen Teil sämtliche vorliegenden Daten über die Embryonalentwicklung der Mehlmotte. Diese Kettenlinie kann als erste Annäherung unter der Voraussetzung angesehen werden, daß Hemmung und Förderung (siehe Abb. 2) gleich stark wirksam sind. Nun zeigen aber die experimentellen Befunde eine Variationsbreite, die je nach der vorliegenden Temperatur unterschiedlich ist und die besagt, daß die Räupchen nicht gleichzeitig aus den Eiern kriechen, sondern daß sich das Schlüpfen über einen gewissen Zeitabschnitt hinstreckt. Diese Variationsbreite läßt sich

[1]) Das sind die nach der Formel $y = ma^x$ gebaute Exponentiallinie und die zugehörige nach x reziproke (= Wurzel) Funktion

$$y = ma^{\frac{1}{x}} = m\sqrt[x]{a}.$$

durch zwei begrenzende Kettenlinien, also durch ein Kurvenband, zum Ausdruck bringen, das in Abb. 3 durch die schraffierte Fläche wiedergegeben ist. Der biologische Tatbestand fordert danach nicht symmetrische Kettenlinien, sondern asymmetrische, bei denen Förderung und Hemmung ungleich groß sind. Die zugehörigen Durchschnittsgeschwindigkeiten liegen dann in dem schraffierten Bereich der Maximumkurven der Abb. 3.

Diese Deutung der Kurve der Entwicklungsdauer sagt nun aber aus, daß bei einer gewissen hohen Temperatur, dem kritischen Wärmepunkt, oberhalb dessen keine Entwicklung mehr beobachtet werden kann, die Entwicklungsdauer einen verhältnismäßig geringen endlichen Wert hat. Das ist aber gänzlich unbewiesen und wird sogar durch Beobachtungen anderer Autoren (z. B. Duclaux, vgl. Janisch, 1927, S. 154) unwahrscheinlich macht. Viel näher kommt den natürlichen Verhältnissen dann die Kurve der Abb. 4, die wir als dritte Annäherung anzusehen haben. Hier wird durch das asymptotische Anschmiegen des linken Kurvenastes an die Achse ausgedrückt, daß die Entwicklungsdauer am kritischen Wärmepunkt, der hier ebenso wie in Abb. 3 auch der mathematische Nullpunkt = Koordinatenanfangspunkt ist, unendlich groß werden muß. Die Entwicklungsgeschwindigkeit wird dementsprechend bei der Maximumkurve gleich Null.

Nun kommt aber ein weiterer Punkt hinzu, der für die Deutung der Temperaturabhängigkeit der Insektenentwicklung, die uns ja hier besonders interessiert, von großer Wichtigkeit ist. Sämtliche bisher besprochenen Kurvenformen laufen bei niederen Temperaturen steigend bis in die Unendlichkeit. Das bedeutet, daß bei keiner noch so niederen Temperatur die Entwicklung vollkommen stillsteht. Immer müßte die Entwicklungsdauer einen endlichen, wenn auch sehr großen Wert haben. Nun hat aber die Wärmesummen- wie auch die RGT-Regel einen solchen Stillstand immer vorausgesetzt und als physiologischen Nullpunkt bezeichnet. Seine tatsächliche Existenz hat allerdings bis jetzt experimentell noch nicht nachgewiesen werden können. Jedoch hat auch das Exponentialgesetz die Möglichkeit, dieser These Rechnung zu tragen. In Abb. 5 ist eine solche Kettenlinie dargestellt, die sich auch mit ihrem rechten Ast asymptotisch einer Parallele zur y-Achse (gestrichelt in Abb. 5 eingezeichnet) nähert. Die Temperatur ihres Fußpunktes wäre dann der geforderte physiologische Nullpunkt, an dem dann die Maximumkurve der Abb. 5 die Temperaturachse schneidet, d. h. die Entwicklungsgeschwindigkeit ebenso gleich Null wird wie am kritischen

Wärmepunkt. Noch einen Schritt weiter geht die Funktion in Abb. 6, in der der mathematische Nullpunkt ganz außerhalb des biologischen Temperaturbereiches liegt. Da die Reaktionsfähigkeit der einzelnen Organismen durch die Konstanten m und a zahlenmäßig zum Aus-

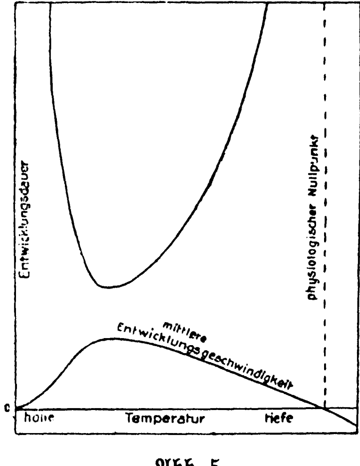


Abb. 5

Die Entwicklungsdauer wird außer am kritischen Wärmepunkt auch bei einer tiefen Temperatur (= physiologischer Nullpunkt) unendlich groß, die Entwicklungsgeschwindigkeit gleich Null.

Formel der Entwicklungsdauer:

$$\frac{1}{y} = \frac{m}{2}\left(a^{-\frac{1}{x}} - a^{-\frac{1}{x}}\right).$$

Formel der Entwicklungsgeschwindigkeit:

$$y = \frac{m}{2}\left(a^{-\frac{1}{x}} - a^{-\frac{1}{x}}\right).$$

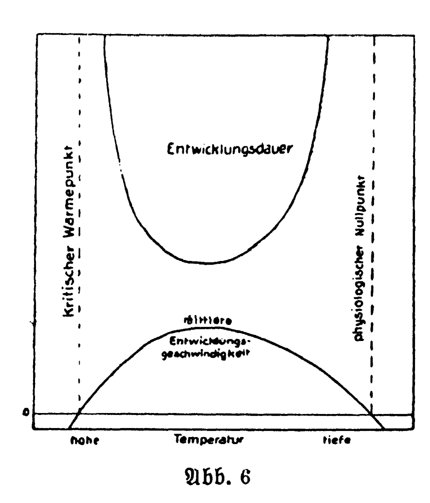


Abb. 6

Wie Abb. 5, aber der kritische Wärmepunkt ist nicht mit dem Koordinatenanfang identisch.

Formel der Entwicklungsdauer:

$$\frac{1}{y} = \frac{m}{2}\left(a^{-\frac{1}{x}} - a^{x}\right).$$

Formel der Entwicklungsgeschwindigkeit:

$$y = \frac{m}{2}\left(a^{-\frac{1}{x}} - a^{x}\right).$$

druck gebracht wird und die Fußpunkte der gestrichelten Linien in Abb. 5 und 6 in ihrer Lage durch die Größe dieser Konstanten festgelegt sind, würde das besagen, daß sowohl der kritische Wärmepunkt wie auch der physiologische Nullpunkt allein durch die mathematischen Konstanten, biologisch gesprochen also nur durch die arteigentümliche

Reaktionsfähigkeit der Organismen bestimmt ist. Der Koordinatenanfangspunkt kann dann bei irgendeiner hohen, für alle Organismen gleichen Temperatur, etwa dem Siedepunkt des Wassers, angenommen werden[1]).

Damit haben wir eine Reihe von Kurvenformen kennengelernt, die in mehrfacher Weise als Annäherungen an die biologischen Befunde bei der Untersuchung über die Temperaturabhängigkeit der Insektenentwicklung gelten können. Der Versuch, diese Dinge möglichst umfassend und genau in einer der Rechnung zugänglichen Form, d. h. als mathematische Funktionen zu interpretieren, führt auf einen Weg, der es ermöglicht, aus der im Experiment für einzelne Temperaturen beobachteten Entwicklungsdauer auch für solche Temperaturen, bei denen direkte Messungen nicht vorliegen — das ist bei unserer Frage nach den Ursachen für die Massenvermehrung der Insekten besonders wichtig —, die Zwischenwerte zu ermitteln.

Ist nämlich erst einmal die Gesetzmäßigkeit, nach der die Entwicklung der Insekten in ihrer Abhängigkeit von äußeren Faktoren sich vollzieht, bekannt, so genügt es, für jeden Organismus nur einige wenige Punkte der Kurve experimentell festzustellen, aus denen sich dann die Reaktionskonstanten und damit die Entwicklungsgeschwindigkeiten für jede beliebige Temperatur errechnen lassen. Für die in Abb. 1 dargestellte Kettenlinie genügt es z. B. zu wissen, wo der Minimumpunkt liegt und wie groß die Entwicklungsdauer bei irgendeiner möglichst niederen Temperatur ist, um sämtliche Punkte der Entwicklungskurve rechnerisch zu erhalten. Auf diese Weise wird die experimentelle Prüfung der Reaktionsfähigkeit schädlicher Insekten auf äußere Faktoren außerordentlich vereinfacht. Eine möglichst umfassende Kenntnis von den Gesetzmäßigkeiten, welche den Reaktionsablauf bestimmen, muß darum als erstes Ziel des biologisch-physiologischen Experiments angesehen werden.

Es würde zu weit führen, in diesem Zusammenhang auf die Methoden einer auf diesen Gesetzmäßigkeiten fußenden natürlichen Analyse der Lebensvorgänge einzugehen[2]). Auf einen Punkt jedoch möchte ich wenigstens hinweisen. Ich sagte schon oben S. 92, daß das beobachtete biologische Symptom „Entwicklungsdauer" von der Größen-

[1]) Abgesehen ist dabei von einigen wenigen Organismen, die noch bei sehr hohen Temperaturen, z. B. in heißen Quellen, zu leben vermögen.

[2]) Näheres darüber wird in meiner demnächst erscheinenden Arbeit: „Grundlagen und Methoden einer natürlichen Analyse der Lebensvorgänge" ausgeführt.

ordnung der Teilprozesse Förderung und Hemmung abhängig ist, denn wir erkannten durch die Schwankungen der Variationsbreite (vgl. Abb. 3), daß ihre Wirkungsgröße unterschiedlich sein muß. Ändert sich nun außer der Temperatur ein zweiter Umweltfaktor, etwa die Feuchtigkeit, so wird sich naturgemäß die Kurve der Entwicklungs-

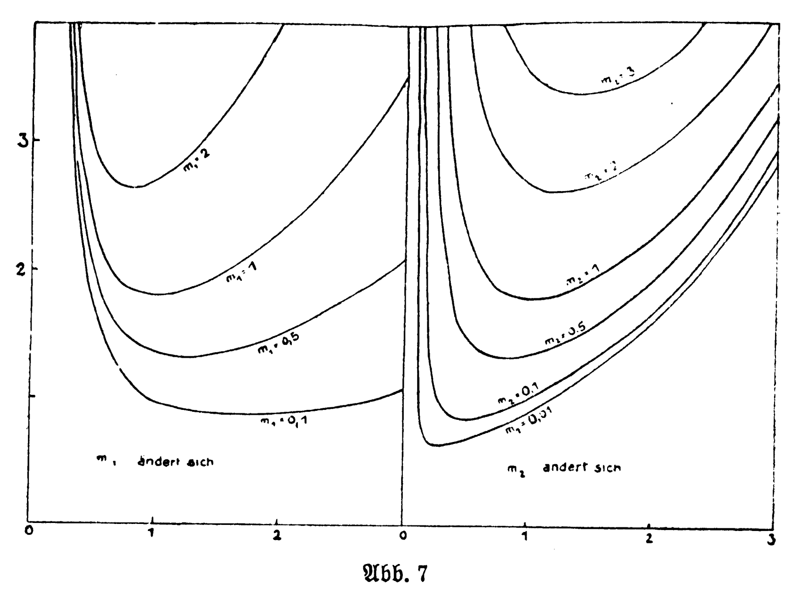


Abb. 7

Die Verlagerung des Minimums der Entwicklungsdauer, wenn außer der Temperatur auch die Feuchtigkeit sich ändert.

Formel:

$$y = \frac{1}{2}\left(m_1 a^x + m_2 a^{\frac{1}{x}}\right).$$

Links: stärkere Beeinflussung der Förderung ($m_1 \cdot a^x$),

rechts: der Hemmung $\left(m_2 a^{\frac{1}{x}}\right)$ durch Änderung des Feuchtigkeitsgehaltes.

dauer verlagern. Wichtig ist dann zu wissen, ob das Verhältnis der Wirkungsgrößen der Teilvorgänge gleich bleibt oder ob etwa die Hemmung auf die Feuchtigkeitsänderung stärker reagiert als die Förderung. Das Experiment muß die mannigfachen Möglichkeiten der Kombination von Feuchtigkeit und Temperatur voll ausschöpfen, um die gesetzmäßigen Beziehungen, welche hier vorliegen, herauszufinden. Hingewiesen sei z. B. nur auf die andersartige Reaktion des Organismus bei trockener und feuchter Hitze. Es wäre verfrüht, jetzt schon auf die Untersuchungen, welche ich in dieser Richtung im Gange habe, einzu-

gehen, denn es ist noch viel experimentelle Kleinarbeit erforderlich, ehe sich allgemeinere Gesichtspunkte, die einigermaßen sicher fundiert sind, aussprechen lassen.

Nur das eine sei erwähnt, daß die Art, wie sich die Temperaturkurven der Entwicklungsdauer verlagern, sehr wichtige Rückschlüsse ermöglicht, wie die Wirkungsgröße von Hemmung und Förderung sich durch die Einfügung eines zweiten variablen Faktors verändert. In Abb. 7 ist dieselbe Kurvenform dargestellt, welche wir in Abb. 4 als dritte Annäherung an die Kurve der Entwicklungsdauer der Insekten kennengelernt haben. Wird nun in der mathematischen Funktion der m_1-Wert der ersten (exponentialen) Komponente variiert, so ist die Verlagerung der Kurve eine ganz andere, als wenn sich der m_2-Wert in der zweiten (Wurzel-) Komponente verändert. Charakteristisch in der linken Hälfte der Abb. 7 ist die Verschiebung des Minimums von links nach rechts, ferner die Tatsache, daß die linken Kurvenäste dicht beieinander liegen, die rechten aber sich weiter voneinander entfernen. Die Kurven in der rechten Hälfte der Abb. 7 zeigen dagegen eine Verlagerung des Minimums nach links, ein Zusammenlaufen der rechten und eine Entfernung der linken Kurvenäste. Da die erste Komponente in der mathematischen Funktion die Förderung der Entwicklungsvorgänge durch Temperaturerhöhung und die zweite ihre Hemmung zum Ausdruck bringt, ist aus der Art der Kurvenverlagerung, welche durch die Feuchtigkeitsverhältnisse ursächlich bedingt ist, eindeutig abzulesen, wie die Wirkungsgrößen der Teilprozesse bei der Abhängigkeit der Entwicklungsdauer von Temperatur *und* Feuchtigkeit ihren Wert verändern[1]).

Es gehört zu den wichtigsten Aufgaben der angewandten Entomologie, für die verschiedenen Schad- und Nutzinsekten diese Änderung der Entwicklungsdauer und -geschwindigkeiten beim Zusammenwirken mehrerer Umweltfaktoren herauszufinden und miteinander zu vergleichen, weil von ihr das zeitliche Auftreten der Insekten abhängig ist, dessen Voraussage dann durch die Rechnung ermöglicht wird.

---

[1]) Ein Parallelbeispiel bietet das Wachstum von Pflanzenwurzeln, dessen Kurvenform der zu Abb. 7 gehörigen (reziproken) Maximumkurve (vgl. Abb. 4) entspricht. Hier verschiebt sich (vgl. *Janisch* 1927, S. 155) das Maximum bei zeitlicher Änderung der Temperaturwirkung nach links, während bei der Zerstörung der Fermente durch hohe Temperaturen (ebenda S. 271), die ja wahrscheinlich zum Teil als Ursache für die Hemmung anzusehen ist, das Maximum nach rechts verlagert wird.

II. Der zeitliche Verlauf des Absterbens und die Lebensdauer bei verschiedenen Temperaturen

Bei der bisherigen Betrachtung handelte es sich hauptsächlich darum, die Methoden darzulegen, mit deren Hilfe es möglich erscheint, den gesetzmäßigen Verlauf der Temperatur-Entwicklungskurve in einer der Rechnung zugänglichen Form zu erfassen. Als wesentliches Ergebnis müssen wir festhalten, daß es dabei nicht genügt, einen mittleren, optimalen Temperaturbereich zu untersuchen, vielmehr geben gerade die extremen Werte einen Einblick in das Wesen der Erscheinungen, das sich z. B. in dem Verhalten der die Entwicklung fördernden und hemmenden Teilvorgänge ausdrückt.

Bei dieser Methode konnten naturgemäß nur diejenigen Individuen Berücksichtigung finden, welche ihre Entwicklung tatsächlich auch durchlaufen, und nur für diese gelten also die erwähnten Beziehungen. Wir haben gesehen, daß die Vorgänge im Organismus, die wir insgesamt als Hemmung definierten, bei höheren Temperaturen sich durch eine Verzögerung der Entwicklung bemerkbar machten, welche die Kurve wieder nach oben zwingt. Für die Frage nach den Ursachen der Massenvermehrung ist aber weiterhin von allergrößter Bedeutung, daß bei diesen Temperaturen tatsächlich nur ein sehr kleiner Prozentsatz zur Entwicklung kommt. Unterhalb 29,6°, bei welcher sich die kürzeste Entwicklungsdauer, der Minimumpunkt, befindet, schlüpfen z. B. 100% der Mehlmotteneier, bei 31,85° im Mittel aber nur 20,8%, bei 32,78° im Mittel gar nur 9,7%. Bei noch höheren Temperaturen schlüpfen überhaupt keine Raupen mehr. Die höheren Temperaturen wirken sich also im Organismus nicht nur als Hemmung, sondern gleichzeitig auch als Schädigung aus. Eine ähnliche Verringerung der Prozentzahl von wirklich schlüpfenden Raupen finden wir ebenso bei niederen Temperaturen. Da aber die Eier auch bei diesen schädigenden Temperaturen, wie schon ihre Verfärbung erkennen läßt und durch die mikroskopische Untersuchung bestätigt wird, noch einen Teil ihrer Entwicklung durchmachen und erst allmählich absterben, kann die Beobachtung der Entwicklungsdauer allein nicht ausreichen, die Wirkungsgröße des Temperaturfaktors bei der Massenvermehrung der Insekten zahlenmäßig festzulegen.

Wir kommen viel eher dahin, wenn wir den zeitlichen Verlauf dieses Absterbens messend verfolgen, wie ich das an Schwammspinnerraupen und Bettwanzen zur Zeit durchführe. Trotzdem viele Einzelheiten noch

fehlen, die unter Berücksichtigung der Feuchtigkeitsverhältnisse noch genauer untersucht werden sollen, geben die schon vorliegenden Beobachtungen doch ein Bild über die Wirkungsgröße der Temperatur, aus dem sich das Wesentliche schon herausschälen läßt.

Eine grundsätzliche Bemerkung muß hier eingeschaltet werden. Unter Lebensdauer verstehen wir im allgemeinen bei den Insekten die Zeitspanne von der Geburt, d. h. der Ablage des Eies, bis zum Tode des Falters oder des Käfers. Stirbt aber das Insekt schon im Laufe seiner Entwicklung ab, sei es als Ei, Larve, Puppe oder als Vollinsekt auf einem jugendlichen Stadium, bevor es zur Fortpflanzung geschritten ist, ein Effekt, den gerade die Schädlingsbekämpfung erzielen will, so müssen wir auch dann die Zeitspanne, die es wirklich lebt, ebenso als Lebensdauer bezeichnen. Welche Gründe für den vorzeitigen Tod verantwortlich zu machen sind, ist dabei zunächst nebensächlich.

Bei sehr hohen und tiefen Temperaturen sterben also die Insekten schon auf einem mehr oder minder frühen Jugendstadium, im optimalen Bezirk dagegen erst, nachdem sie ihren ganzen Lebenszyklus durchlaufen haben. Zur Abkürzung der Beobachtungszeit und zur Vereinfachung der Methode[1]) habe ich meine Schwammspinnerraupen zum Teil mit arsenvergifteten Apfelblättern gefüttert, weil dann das Absterben schon als Raupe erfolgt. Die Lebensdauerkurve wird, wie ich hier im einzelnen nicht auseinandersetzen kann, im Vergleich zu gesunden Tieren zwar in ihrer Höhe, nicht aber in ihrer grundsätzlichen Gestalt durch das Gift verändert.

Die bisherigen Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in den Abbildungen 8—10 schematisch wiedergegeben. Abb. 8 zeigt S-förmige Kurven, die angeben, wieviel Prozent der Tiere im Laufe der Zeit abgestorben sind. Die Kurven entsprechen den verschiedenen, aber in jedem Versuch konstanten Temperaturen. Für das Problem der Massenvermehrung ergibt sich dabei eine sehr wesentliche Erscheinung. Bei sehr niederen Temperaturen verlaufen die Kurven sehr steil und nahe der senkrechten Achse, d. h. es sind schon nach kurzer Zeit sehr viele Tiere tot. Mit steigender Temperatur werden sie aber immer flacher (d. h. das Absterben geht langsamer vor sich) und verlagern sich in Richtung des unteren Pfeiles bis zu einer Temperatur, die in meinen Versuchen bei etwa $+4$ bis 5° liegt. Bei weiter steigender Temperatur kehren sie wieder zurück in Richtung des zweiten Pfeiles (die Tiere sterben

[1]) Diese Versuche stehen weiter im Zusammenhang mit experimentellen Untersuchungen über das Vergiftungsproblem.

also wieder früher), schwenken aber von etwa 28° an nochmals um, wie der dritte Pfeil anzeigt, und erst von etwa 33° an erfolgt das Absterben endgültig um so schneller, je höher die Temperatur ist.

Dieses Hin- und Herschwanken der Absterbekurven gibt uns nun den Schlüssel in die Hand, den Eintritt des Todes unmittelbar in Beziehung zu der Temperatur zu bringen. Wegen ihrer Bedeutung für die zukünftige Ausgestaltung der Untersuchungsverfahren und ihre Nutzbarmachung in der Praxis müssen die Methoden, welche den Übergang von dem beobachteten zeitlichen Verlauf des Absterbens zu der

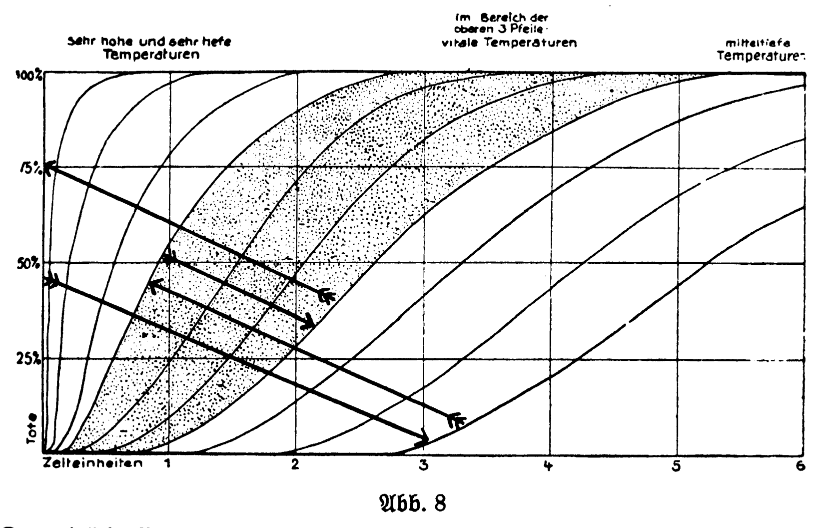


Abb. 8

Der zeitliche Verlauf des Absterbens bei Schwammspinnerraupen. Die einzelnen Kurven entsprechen den verschiedenen Temperaturen. Schematisiert. Näheres im Text.

Temperaturabhängigkeit der Lebensdauer und des Sterbens vermitteln, hier kurz dargestellt werden. Ziehen wir in Abb. 8 eine Reihe von senkrechten Linien, welche die Zeitachse in den Zeiteinheiten, also etwa bei 24, 48, 72 usw. Stunden treffen, so schneiden sie die S-förmigen Absterbekurven. Die Schnittpunkte geben dann an, wieviel Prozent Tote bei den verschiedenen Temperaturen nach 24, 48, 72 usw. Stunden vorhanden sind. Wenn nun die Temperaturen auf der x-Achse und die Toten in Prozent auf der y-Achse aufgetragen werden, wie das in Abb. 9 geschehen ist, so liegen diese Schnittpunkte auf den eingezeichneten Kurven. Der in der Mitte auftretende Sattel ist dann der Ausdruck für dieselbe Erscheinung, die das Hin- und Herschwanken der

Kurven in Abb. 8 bewirkte. Wesentlich ist, daß bei kurzen Beobachtungszeiten die x-Achse, bei langen dagegen die oben begrenzende 100%-Linie in verschiedener Art mehrfach geschnitten wird. Das bedeutet, daß im ersten Falle bei sehr niederen und sehr hohen Temperaturen schon Tote vorhanden sind, bei etwas längeren Zeiten desgleichen auch in einer engbegrenzten mittleren Temperaturzone. Je länger die Beobachtung ausgedehnt wird, desto größer wird diese Zone, bis sie schließlich über alle Temperaturen sich erstreckt. Bei sehr langen Beobachtungszeiten schließlich überschneiden die Kurven die 100%-Linie in derselben Folge wie bei der x-Achse.

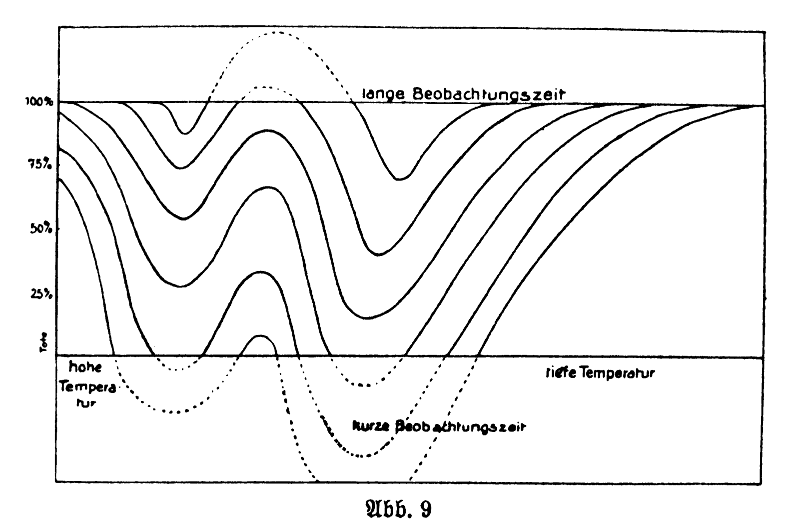


Abb. 9

Die Prozentzahl der Toten nach verschiedenen Zeiten in der Abhängigkeit von der Temperatur.

Ziehen wir nun in Abb. 8 weiter wagerechte Linien, die die y-Achse z. B. bei 25, 50, 75, 100% treffen, so geben nunmehr die Schnittpunkte mit den Absterbekurven an, nach welcher Zeit 25, 50, 75, 100% der Tiere abgestorben sind. Das ist aber nichts Anderes als die Lebensdauer bei verschiedenen Temperaturen, die in Abb. 10 auch kurvenmäßig dargestellt ist. Es zeigt sich, daß sie bei sehr niederen Temperaturen sehr kurz ist, bei steigender Temperatur dann sehr schnell größer, dann aber in einem mittleren Temperaturbereich wieder kleiner wird. Von einem Minimum steigt sie dann nochmals etwas an, um schließlich bei sehr hohen Temperaturen ziemlich rasch wieder abzusinken.

Bei der engen Beziehung zwischen Lebens- und Entwicklungsdauer ist offensichtlich, daß wir in dem mittleren Teil der Kurven, der in Abb. 10 in einem Falle dicker gezeichnet ist, diejenige Kurvenform vor uns haben, die wir im ersten Kapitel als Kettenlinie ansprachen. Hier tritt als wesentliche Erweiterung hinzu, daß wir die Prozentzahl der toten (bzw. der entwickelten) Tiere mit aufnehmen und so zu Kurvenscharen gelangen, die direkt vergleichsfähige Daten zur Darstellung bringen. Die aus diesen Daten zu berechnende mittlere Lebens- bzw. Entwicklungsgeschwindigkeit folgt dann in ihrer Temperaturabhängigkeit der Kurvenform der Beifigur in Abb. 10 (vgl. den mittleren Teil mit den entsprechenden Kurven der Abb. 1 und 3—6).

Für die Beurteilung der Massenvermehrung der Insekten haben wir nunmehr eine festere Basis gewonnen. Wir sehen, daß bei sehr tiefen und sehr hohen Temperaturen ein großer Prozentsatz sehr schnell abstirbt, und daß die Zahl der Toten geringer und die Zeit bis zum Absterben größer wird, je mehr wir uns den mittleren Temperaturen nähern. Im optimalen Bereich, der bei den von mir untersuchten Schwammspinnerraupen (Dreihäuter) etwa zwischen 20° und 33° liegt, entwickelt sich ein großer Prozentsatz dann verhältnismäßig rasch und stirbt nach Erledigung des Fortpflanzungsgeschäftes eines normalen Todes[1]), während bei hohen und tiefen Temperaturen die Tiere schon in den Jugendstadien abgetötet werden[2]). Wesentlich ist, daß die Tiere, auch wenn man von gleichalterigem Material ausgeht, nicht gleichzeitig, sondern nacheinander absterben, und zwar stehen die Zahl der Toten, Zeit und Temperatur in einer bestimmten gesetzmäßigen Beziehung zueinander, wie in den Kurvenscharen der Abb. 8, 9 und 10 deutlich zum Ausdruck kommt.

Auf die Analyse der Lebensdauerkurve soll erst eingegangen werden, wenn wir im nächsten Kapitel die innere Zustandsänderung durch äußere Faktoren besprochen haben. Hier sei nur noch auf die bei hohen und tiefen Temperaturen steil abfallenden Äste der Lebensdauerkurve hingewiesen, welche angeben, wie lange eine bestimmte Temperatur einwirken muß, bis der Organismus abstirbt. Der Gesetzmäßigkeit

---

[1]) Bei den Schwammspinnerraupen auf vergiftetem Futter tritt der Tod in diesem Temperaturbereich sehr schnell ein, weil sie hier auch sehr viel mehr Nahrung aufnehmen als bei etwas niederen und höheren Temperaturen.

[2]) Selbstverständlich spielt auch die Feuchtigkeit bei diesen Dingen eine ausschlaggebende Rolle. Sie muß darum in Analogie zu dem, was auf S. 96 gesagt wurde, in die weiteren Experimente mit aufgenommen werden.

dieser Beziehung ist sowohl in der allgemeinen wie in der angewandten Biologie und hier besonders bei der Desinfektion und der Schädlingsbekämpfung seit langem größere Beachtung geschenkt worden (vgl. Janisch, 1927, S. 344ff.). Man hat versucht, ihr durch eine Hy-

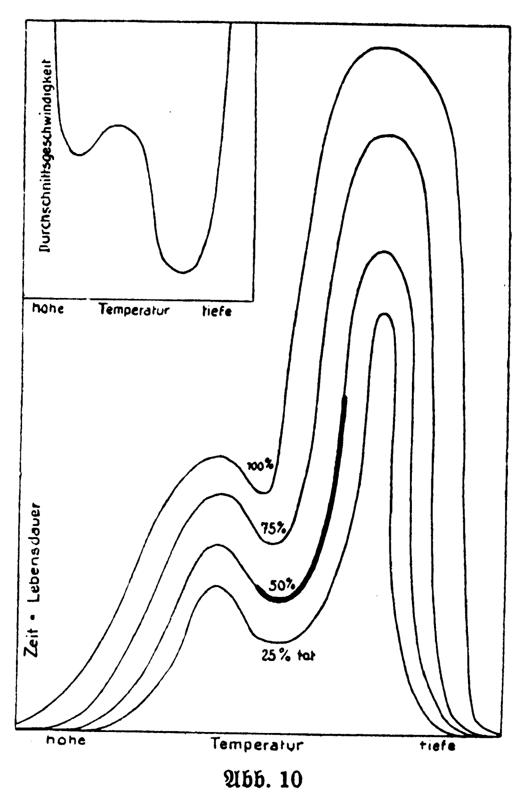


Abb. 10

Die Zeiten, in denen eine bestimmte Anzahl der Insekten bei verschiedenen Temperaturen abstirbt (= Lebensdauer). Beifigur: die zugehörige (reziproke) Geschwindigkeitskurve.

perbelfunktion Ausdruck zu geben, indem man die Beziehung formulierte: Einwirkungszeit × Temperatur = konstant. Aus unserer Abb. 10[1]) ist eine gewisse Ähnlichkeit mit einer Hyperbel wohl zu erkennen, jedoch zeigt der Gesamtverlauf der Kurve, daß sie ebenso wie die oben besprochene Kettenlinie nur ein Teil einer sich über den ganzen biologischen Temperaturbereich erstreckenden allgemeineren Erscheinung ist und nur im Zusammenhang mit dieser in ihrer biologischen Be-

[1]) Vgl. dazu auch Abb. 11.

deutung begriffen werden kann. Für die Zusammenarbeit der biologischen Einzeldisziplinen ist diese Tatsache sehr beachtenswert, zeigt sie doch, wie die Teilfragen der Desinfektion und Sterilisation mit dem Problem der Massenvermehrung der Insekten in einem Punkt, der allgemein biologischen Frage nach der Temperaturabhängigkeit der Lebensdauer, zusammenlaufen und wie von da aus eine allgemeine Lösung dieser Einzelfragen ermöglicht wird.

III. Die Zustandsänderung der Insekten bei unterbrochener Einwirkung äußerer Faktoren

Bis jetzt sind nur solche Untersuchungen besprochen worden, bei denen das Experiment die Tiere konstanten Temperaturen aussetzte, und ich sagte schon, daß solche Bedingungen in der freien Natur niemals realisiert sind. Wir erkennen aber aus diesen Versuchen die Gesetzmäßigkeiten, nach welchen der Organismus auf jede Temperatur reagiert, vor allem aber ersehen wir, daß bei extremen Bedingungen starke Schädigungen auftreten, die in ganz bestimmter gesetzmäßiger Änderung der Temperaturskala folgen. Solche Extreme von Hitze und Kälte, Trockenheit und Feuchtigkeit sind in der freien Natur nur in verhältnismäßig kurzen Zeitabschnitten tatsächlich gegeben, so daß in das biologisch-physiologische Experiment die unterbrochene Einwirkung äußerer Faktoren aufgenommen werden muß. Durch die umfangreichen Untersuchungen von Hase[1]) über den Einfluß von Kälte- und Wärmetagen in verschiedenfachem Wechsel wissen wir, daß die Entwicklungsdauer von Mehlmotteneiern durch die Einfügung von Kältetagen (+3° bis +5° und +0,3° bis 0,5°) nicht wesentlich geändert wird. Nach der Interpretation der gesetzmäßigen Beziehungen, welche ich in Kapitel I gegeben habe, ist ersichtlich, daß die mittlere Entwicklungsgeschwindigkeit bei diesen niederen Temperaturen so klein ist, daß sie kaum merklich in Erscheinung tritt.

Für das Problem der Massenvermehrung der Insekten muß nunmehr in gleicher Weise, wie es in Kapitel II beschrieben wurde, die Zahl der Toten nach kurz dauernden Einwirkungen von Hitze und Kälte verbunden mit Trockenheit und Feuchtigkeit und der zeitliche Verlauf des Absterbens festgestellt werden. Derartige Untersuchungen habe ich in größerem Umfang im Gange. Sie werden in der Weise durchgeführt, daß Vollinsekten und ihre Entwicklungsstadien extremen

[1]) Siehe Anm. 1, S. 91.

Temperatur- und Feuchtigkeitsbedingungen verschieden lange Zeit ausgesetzt werden, und zwar einmal bei plötzlichem Wechsel, andermal bei allmählichem An- und Abklingen. Weiter werden Tiere im guten Ernährungszustand und Hungertiere auf ihre Reaktionsfähigkeit geprüft, weil im Verlaufe von Insektenkalamitäten mit zeitweisem Hungern gerechnet werden muß. Der Einfluß der Schädigungen macht sich insbesondere in der Veränderung der Absterbegeschwindigkeit, also der noch verbleibenden Lebensdauer, ferner in der Begattungsfähigkeit und der Zahl der abgelegten Eier geltend, alles Dinge, welche für die Massenvermehrung von ausschlaggebender Bedeutung sind. Als Vergleichszahlen gelten die in konstanten Temperaturen gemachten Beobachtungen.

Das Ergebnis der bisher durchgeführten Experimente findet eine weitgehende Parallele in dem Einfluß der Kohlensäure auf den inneren Zustand von Mehlmottenweibchen, den ich 1924 näher untersucht habe[1]). Ich konnte feststellen, daß die Begattungsfähigkeit der Weibchen normalerweise bei 18° nach 11,5 Tagen Falterleben aufhört, daß aber eine kurz dauernde Begasung mit Kohlensäure die Tiere so verändert, daß sie „künstlich gealtert“ erscheinen, und zwar besteht auch hier wieder eine bestimmte gesetzmäßige Beziehung zwischen dem Alter der Tiere und der Begasungszeit[2]). Wird z. B. ein jungfräuliches Weibchen von 6 Tagen Alter (in 18°) 54 Sekunden mit Kohlensäure begast, so steht es in bezug auf seine Geschlechtsfunktionen auf demselben Punkt, als wenn es bereits 11,5 Tage alt wäre, wird also nicht mehr begattet und kann demnach auch keine Nachkommen mehr gebären. Hinzu kommt noch, daß auch die Giftanfälligkeit z. B. Schwefelkohlenstoff gegenüber, die mit fortschreitendem Alter immer größer wird, sich durch Kohlensäurebegasung in gleicher Weise verschiebt wie bei normal alternden Tieren.

Den gleichen Effekt konnte ich nun auch in orientierenden Vorversuchen durch kurz dauernde Einwirkung hoher und tiefer Temperaturen erzielen, so daß auch hier der innere Zustand des Organismus weitgehend verändert erscheint. Diese Änderung muß sich dann auch in den übrigen Lebensfunktionen erkennen lassen, wenn sie genauer verfolgt werden. Es ist offensichtlich, daß die Lösung der Frage der Insekten-

---

[1]) E. Janisch, Über die experimentelle Beeinflussung der Lebensdauer und des Alterns schädlicher Insekten. I. Mitt. Arb. aus der Biologischen Reichsanstalt 13, 173, 1924.

[2]) Näheres darüber vgl. Janisch 1927, S. 314ff.

wie in Abb. 2 sind diese beiden gegeneinander wirkenden und als Veränderungen des kolloiden Zustandes im Protoplasten vorstellbaren Teilvorgänge durch die beiden dünnen Linien der Ab. 11 schematisch dargestellt. Jede dieser Kurven, deren Verlauf dem Exponentialgesetz unterworfen ist[1]), schneidet aber im Gegensatz zu Abb. 2 bei einer bestimmten Temperatur die x-Achse. Damit hört die Einwirkung der gekennzeichneten Vorgänge auf, und das Gleichgewicht wird in stärkstem Ausmaß gestört. Hier liegen die beiden Maxima der Lebensdauerkurve, von denen aus sie bei noch extremeren Temperaturen sehr schnell abfällt. In dem Abschnitt aber, den wir im ersten Kapitel als Kettenlinie gedeutet haben, halten sich die durch Kälte und Wärme hervorgerufenen Zustandsänderungen um so mehr die Waage, je mehr wir uns den optimalen Temperaturen nähern. Im Optimum selbst, dem Minimum der Lebensdauerkurve, sind sie völlig ausgeglichen und bewirken also den günstigsten kolloiden Zustand des Protoplasten.

Den Verlauf der Teilvorgänge im Organismus, denen wir für ihre Abhängigkeit von der Temperatur in Abb. 2 die Gestalt von Exponentiallinien gaben, müssen wir also dahin revidieren, daß sie die Temperaturachse schneiden und dann schnell in die negative Unendlichkeit absinken. So haben sie zwar oberhalb der Achse eine gewisse Ähnlichkeit mit den Exponentiallinien, sind in Wirklichkeit aber eine kompliziertere Funktion, zu deren Konstruktion wir durch das Auftreten der Maxima in der Lebensdauerkurve gezwungen werden.

Die Entwicklungs- und Lebensdauer hat also, wenn wir die Anzahl der Sterbenden mit zum Vergleich heranziehen, weder einen physiologischen Nullpunkt noch einen Wärmepunkt, an denen sie unendlich groß würde; sie zeigt vielmehr bei den Temperaturen, die solche Punkte vortäuschen könnten, Maxima, außerhalb deren sie sehr schnell wieder kleiner wird.

Damit liegt die Lebensdauerkurve ihrer allgemeinen Gestalt nach fest, und es entsteht die Aufgabe, die mathematische Funktion der Temperaturabhängigkeit herauszufinden, um damit jeden Punkt der

[1]) Wegen der Ableitung dieser Kurvenform, die der allgemeinen Gleichung

$$y = \frac{m}{2}\left(a^{x} - a^{-x}\right)$$

entspricht, muß ich auf meine Arbeit: „Grundlagen und Methoden einer natürlichen Analyse der Lebensvorgänge" verweisen. Die etwas andere Gestalt der Kälte- und Wärmekomponente ist durch den Zahlenwert der Konstanten bedingt, die ein Ausdruck für die verschiedene Reaktionsfähigkeit der Teilvorgänge im Protoplasten sind.

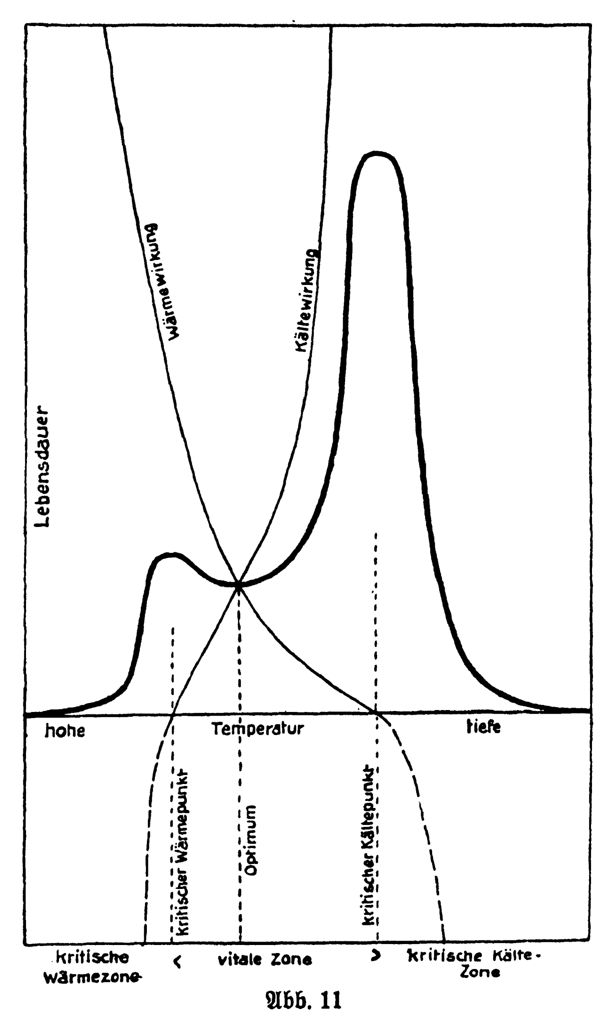


Abb. 11

Die Lebensdauerkurve entsteht wie die Kettenlinie in Abb. 2 durch Addition von zwei gegeneinander wirkenden Teilprozessen, die aber hier bei bestimmten Temperaturen gleich Null werden (das ist der kritische Wärme- und Kältepunkt).

Kurve auch für die nicht experimentell untersuchten Zwischentemperaturen ermitteln zu können. Die Grundvoraussetzung dazu ist aber die Kenntnis des mathematischen Nullpunktes und seine Charakterisierung als biologisch ausgezeichneten Punkt. Es lag nahe[1]), die

[1]) Siehe Janisch, Die Lebens- und Entwicklungsdauer der Insekten als Temperaturfunktion. Festschrift Korschelt, Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie Bd. 132, S. 176, 1928.

Schnittpunkte der beiden Teilfunktionen in Abb. 11 als solche Nullpunkte zu bewerten und sie in Übereinstimmung mit den Grundvorstellungen der van't Hoffschen und Wärmesummenregel als kritischen Wärme- und Kältepunkt zu kennzeichnen. Dementsprechend würde das Temperaturgebiet zwischen den beiden Punkten (Abb. 11) als vitale Zone, die außerhalb liegenden dann als kritische Wärme- und Kältezone zu charakterisieren sein. Um hier eine feste und klare Grundlage zu gewinnen, mußten Methoden ausgearbeitet werden zur Feststellung, ob solche diese Zonen begrenzenden kritischen Punkte tatsächlich biologisch realisiert sind, wie sie experimentell aufgefunden werden können, und an welche Stelle der Temperaturskala sie auf Grund des Verhaltens der Insekten in den verschiedenen Temperaturen zu setzen sind. Um diese Fragen zu klären und an einem einfachen Beispiel einer Massenvermehrung von Insekten die Wirkungsgröße der Witterungsfaktoren ihrem Wesen nach und zahlenmäßig herauszufinden, erbat ich für den Sommer 1928 die Hilfe der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft für eine Reise nach Ägypten, da unter gleichmäßigeren klimatischen Bedingungen eine bessere und klarere Reaktion der Insekten zu erwarten war als in unseren Breiten. Ich bin der Notgemeinschaft für die Ermöglichung dieser Untersuchungen sehr dankbar, da sich für die Klärung der hier zur Rede stehenden Fragen auf breiter experimenteller Basis an dem Cotton-Worm, Prodenia littoralis, sehr wesentliche Erkenntnisse gewinnen ließen. Ohne damit einer ausführlichen Veröffentlichung der Ergebnisse dieser Reise vorgreifen zu wollen, seien hier in einem besonderen Abschnitt die Hauptpunkte in kurzer Form dargelegt.

IV. Experimentelle Untersuchungen über die Massenvermehrung des „Baumwollwurms" (Prodenia littoralis) in Ägypten

Der Cotton-Worm, Prodenia littoralis, zeigt allsommerlich in schneller Generationenfolge eine typische Massenvermehrung, die jedesmal Ende Juli bis Anfang August katastrophal zusammenbricht. Langjährige Untersuchungen des englischen Entomologen H. C. Willcocks haben ergeben, daß Parasiten und Krankheiten an Aufkommen und Beendigung der Kalamität nicht ausschlaggebend beteiligt sind. Nach der bisherigen Kenntnis der Sachlage waren die Gründe für diese Massenvermehrung nicht geklärt. Durch Felduntersuchungen und Mes-

sung der Temperatur- und Feuchtigkeitsverhältnisse in Klee- und Baumwollfeldern und durch parallelgehende umfassende experimentelle Arbeit an sechs Prodeniagenerationen gelang der Nachweis, daß die Massenvermehrung der Prodenia eine reine Temperaturfunktion ist und zustande kommt, wenn die Temperaturen sich nach und nach dem Optimum der Tiere nähern. Die katastrophale Beendigung der Kalamität im Hochsommer ist auf die Nachwirkung stark überoptimaler Tagestemperaturen zurückzuführen. Die in neuerer Zeit immer mehr vertretene Meinung, daß die Parasiten nicht — wie man bisher glaubte — ganz allgemein, sondern nur in den seltensten Fällen die Massenvermehrung der Schadinsekten maßgebend beeinflussen, erhält durch die an Prodenia gewonnenen Erkenntnisse eine starke Stütze, zunächst in dem Sinne, daß überhaupt die Massenvermehrung eines Schädlings und ihr Zusammenbruch rein als Folge von Witterungsfaktoren eintreten kann. Weiter aber führten die experimentellen Untersuchungen zu dem Ergebnis, daß durch ungünstige äußere Faktoren (unter- und überoptimale Temperaturen gepaart mit Feuchtigkeit oder Trockenheit) Störungen im Entwicklungsgang der Insekten hervorgerufen werden und so Disharmonien zwischen der morphologischen Entwicklung des Organismus und der seines inneren physiologischen Zustandes entstehen. Dadurch, daß es im Experiment gelingt, diese Störung stufenweise hervorzurufen und quantitativ zu verfolgen und damit die Wirkungsfaktoren zu bestimmen, ist eine Grundlage geschaffen, auch die Erscheinungen bei den Insekten unserer Breiten zu verstehen und ihr Verhalten auf die erlebten wechselnden Witterungsfaktoren zurückzuführen.

Für die Beurteilung der Lebens- bzw. Entwicklungsdauer der Insekten in den verschiedenen Temperaturen konnte die ihrer Gestalt nach festliegende Kurve der Abb. 11 zugrunde gelegt werden. Es handelte sich nunmehr darum, Methoden ausfindig zu machen, wie experimentell die Lage ihrer Punkte eindeutig zu bestimmen und die auf Grund der bisherigen Kenntnisse und Theorien geforderte vitale Zone durch je einen kritischen Wärme- und Kältepunkt zu begrenzen ist. Im Laufe der Untersuchungen stellte sich heraus, daß die Lebensdauer allein als Kriterium für die Wirkungsgröße äußerer Faktoren nicht genügt, daß vielmehr eine zahlenmäßig faßbare Größe für die Entwicklung selbst erforderlich war, für die bisher lediglich das morphologische Stadium (als Ei, Raupe, Puppe, Falter) kennzeichnend war. Da man immer die Entwicklung mit Bewegungsvorgängen verglichen, nämlich

die Entwicklungsgeschwindigkeit als Weg geteilt durch Zeit ($v = s/t$) definierte, lag es nahe auf dieser Basis weiter zu bauen und diesen Weg auch für die „Weglänge der Entwicklung" als Grundlage zu nehmen. Durch den Vergleich der Entwicklung von Prodenia littoralis in verschiedenen Temperaturen und Feuchtigkeiten ergab sich dann aber das wichtige Resultat, daß hier nicht eine gleichförmige Bewegung, sondern eine verzögerte Bewegung vergleichsweise herangezogen werden muß, daß also die Entwicklungsgeschwindigkeit nicht in jeder Temperatur eine konstante Größe ist, sondern sich mit der Entwicklungsdauer ändert und im Tode gleich Null wird. Es gelang, durch weit ausgedehnte Dauerversuche in hohen und tiefen Temperaturen, Trockenheit und Feuchtigkeit verschiedener Prozente und durch Unterbrechung der anormalen Entwicklung durch Überführung in das Optimum der Tiere die Weglänge der Entwicklung herauszufinden und zahlenmäßig in ihrer Temperaturabhängigkeit festzulegen.

Es ist hier nicht der Ort, auf Einzelheiten der durchgeführten Experimente und die daraus abgeleiteten allgemeinen Schlußfolgerungen einzugehen. Um jedoch auch von dem speziell interessierten Leser genauer verstanden zu werden, sei kurz folgendes angeführt. Setzen wir im absoluten Optimum der Insekten die Weglänge der Entwicklung (s), die mit einem normalen Greisentod (= physiologischen Alterstod) endigt, gleich 100 und bezeichnen die Zeit allgemein mit t, so ist entsprechend einer verzögerten Bewegung

$$(1)\quad s = Pt - \frac{1}{2} g_0 t^2.$$

P ist dabei eine Anfangsgeschwindigkeit, die als Entwicklungspotenz zu definieren und als Artkonstante anzusehen ist. g ist eine Verzögerungskonstante ($= g_0$ im Optimum). Die Entwicklungsgeschwindigkeit v ist dann:

$$(2)\quad v = \frac{ds}{dt} = P - g_0 t,$$

die im Tode gleich Null wird. Dann ist

$$P - g_0 t = 0$$

und die Lebensdauer

$$t = L_0 = \frac{P}{g_0}.$$

Daraus folgt, daß

$$s = 100 = \frac{P^2}{2\,g_0}$$

ist. Aus diesen beiden Gleichungen ist P und g_0 leicht zu bestimmen, wenn die Lebensdauer im Optimum bekannt ist. Mit Hilfe der Gleichung (1) ergibt sich dann für jede Zeit die Weglänge der Entwicklung s und die zugehörige Geschwindigkeit v, die für das Optimum von Prodenia (29°) in folgender Tabelle eingetragen sind:

Morphologisches Stadium	L Stunden	s	Jedes Stadium in Stunden	Jedes Stadium in s	Entwicklungsgeschwindigkeit v
Geburt	0	0,00	0	0,00	0,2132 = P
Mandibeln eben sichtbar	25	5,26	25	5,26	0,2075
Mandibeln dunkelbraun	35	7,32	10	2,06	0,2033
Eier schwarz, stumpf	40	8,35	5	1,03	0,2041
Schlüpfen	45	9,36	5	1,01	0,203
Raupe I	90	18,27	45	8,91	0,1928
„ II	120	23,95	30	5,68	0,1858
„ III	157	30,67	37	6,72	0,1776
„ IV	192	36,75	35	6,08	0,1696
„ V	237	44,15	45	7,04	0,1594
„ VI	300	53,73	63	9,58	0,1452
Präpupa	320	56,59	20	2,86	0,1406
Puppe	482	76,36	162	19,77	0,1041
Falter: Reife	506	78,78	24	2,42	0,0983
Falter: Kopula	722	94,69	216	15,91	0,0492
Falter: Greis	938	100,—	216	5,31	0,0000

Für alle anderen nicht optimalen Temperaturen ließ sich dann weiter die Beziehung

$$s = Pt - \left(ht + \frac{1}{2}gt^2\right)$$

$$\left(\text{und entsprechend } v = \frac{ds}{dt} = P - h - gt\right)$$

ermitteln, die eine weitere neu einzufügende Konstante h enthält und für $h = 0$ in die Gleichung des Optimums übergeht. Die Endlänge der Entwicklung S ist dann in der Temperatur T

$$S_T = \frac{(P - h)^2}{2\,g}$$

und die Lebensdauer

$$L_T = \frac{P - h}{g}.$$

Bei kurzdauernder Einwirkung schädlicher Temperaturen auf frischgelegte Eier wird der in der schädlichen Temperatur erreichte Entwicklungszustand s_1 in der Zeit t_1

$$s_1 = (P - h)\, t_1 - \frac{1}{2} g t_1^2$$

und die Geschwindigkeit

$$v_1 = P - h - g t_1.$$

In das Optimum gebracht, entwickeln sich die Tiere dann weiter und sterben auf einem, je nach der Größe der schädlichen Einwirkung, früheren Stadium S ab. Die Entwicklungserwartung im Optimum ist dann

$$S - s_1 = \frac{v_1^2}{2 g_0}$$

und

$$S = \frac{(P - h)^2}{2 g_0} - s_1 \frac{g - g_0}{g_0}.$$

Die Lebenserwartung ist, wenn L die Gesamtlebensdauer bezeichnet,

$$L - t_1 = \frac{v_1}{g_0}$$

und

$$L = \frac{P - h}{g_0} - t_1 \frac{g - g_0}{g_0}.$$

Praktisch bedeuten diese Beziehungen, daß es möglich ist, das Endstadium der Entwicklung S unter bekannten Verhältnissen (z. B. im Optimum) nach einer kurz dauernden andersgearteten Einwirkung zu berechnen und ebenso die Zeit, die der Organismus dazu benötigt. Damit ist aber die experimentelle und rechnerische Grundlage für die Vorausbestimmung der Massenvermehrung von Schadinsekten gegeben, zunächst was den Hauptfaktor, die Temperatur, angeht. Genaueres über diese Verhältnisse wird in einer Sonderveröffentlichung gesagt werden.

Nachdem auf experimenteller Basis eine solche Begriffsklärung für die Weglänge der Entwicklung und die Entwicklungsgeschwindigkeit gewonnen war, konnte das Verhalten der Insekten unter den ver-

schiedenen Bedingungen durch die Lebensdauer und die Weglänge der Entwicklung exakt verglichen, somit die biologischen Reaktionskonstanten h und g als Verzögerungskonstanten im Sinne einer verzögerten Bewegung definiert und zahlenmäßig bestimmt werden. Mit ihrer Hilfe gelang dann der Nachweis, daß in Wirklichkeit eine vitale Zone und also auch ein kritischer Wärme- und Kältepunkt nicht existiert, sondern daß vielmehr lediglich das Optimum ein biologisch ausgezeichneter Punkt ist, in dem die Lebensdauer mit einem physiologischen Alterstod endet. Jede Abweichung von dem absoluten Optimum eines Organismus bewirkt eine relative Verkürzung des Lebens und während dieses Lebens eine veränderte Entwicklungsgeschwindigkeit, die damit zum Maßstab für den inneren physiologischen Zustand des Organismus wird. Da dieser aber für das Verhalten der Insekten, für ihre Begattungs- und Vermehrungsfähigkeit, für Todpunkt und Entwicklungsdauer ausschlaggebend ist, gelingt es mit Hilfe der abgeleiteten formelmäßigen Beziehungen auf Grund der vorhandenen Witterungsverhältnisse zu errechnen, wann und in welchem Umfange die Schadinsekten und ihre besonders schädlichen Entwicklungsstadien auftreten werden. Die kritischen Punkte in der Temperaturskala werden lediglich durch den Steilabfall der Kurve vorgetäuscht. Durch die Feststellung, daß allein das Optimum als biologisch ausgezeichneter Punkt anzusehen ist, erhält das Streben nach einer mathematischen Deutung der funktionalen Beziehung zwischen Lebenserscheinungen und äußeren Faktoren eine feste Grundlage, von der aus zunächst die allgemeine Lösung des Temperaturproblems der Biologie versucht werden soll.

Für die Entomologie speziell bedeutet die Klärung der Reaktionsweise der Insekten auf äußere Faktoren eine wesentliche Erweiterung der Grundvorstellungen, mit deren Hilfe die klimatische Bedingtheit des Auftretens der Insekten und ihre Vermehrung verstanden werden kann und damit die für eine rechtzeitig einzuleitende Bekämpfung so wichtige Voraussage von Kalamitäten ermöglicht wird. Wie aus der Größe der Wirkungskonstanten in den verschiedenen Temperaturen hervorgeht, ergibt sich der Einfluß nichtoptimaler Temperaturen (und sicherlich auch der anderer Faktoren) nicht unmittelbar aus der Temperaturmessung, sondern läßt sich erst aus ihrer Wirkungsgröße erschließen, denn die ökologische Wirkung der vom Optimum entlegenen Temperaturen ist relativ viel größer als die der nahegelegenen. Die allgemeine Angabe über Temperaturmittel kann also keinesfalls zur Erklärung für das Auftreten von Tieren (und Pflanzen) genügen.

besonders dann nicht, wenn die Temperaturen um das Optimum schwanken. Auf die Bedeutung, welche die Kleinklimamessung für diese Dinge hat, sei nur kurz hingewiesen.

Gleichzeitig sind aber die für die Temperaturabhängigkeit ermittelten Methoden zur Feststellung der Reaktionsweise auf andere angewandt-biologisch wichtige Fragen, insbesondere auf die Wirksamkeit von Giften, ohne weiteres zu übernehmen, denn auch Gifte verändern, wie ich früher an der Beeinflussung der Begattungsfähigkeit von Mehlmotten durch Kohlensäurebegasung zeigen konnte, den physiologischen Zustand des Organismus in derselben Art wie z. B. nichtoptimale Temperaturen. Vom wirtschaftlichen Standpunkt aus, der größtmöglichen Effekt durch geringste Mittel fordern muß, erscheint der Weg durchaus gangbar, durch eine ständig durchgeführte, auf lange Sicht berechnete Bekämpfung der Schadinsekten mittels kleiner Giftmengen oder schwacher und für andere Organismen unschädlicher Gifte den physiologischen Zustand der Tiere so zu verändern, daß die Schadinsekten nur gerade eben in ihrer Großvermehrung gehemmt werden. Selbstverständlich müssen die Methoden dazu im einzelnen unter Berücksichtigung der Wirkung der natürlichen Umweltfaktoren erst geklärt werden, jedoch ist das nur noch Aufgabe einer planmäßig durchgeführten Gemeinschaftsarbeit, wenn erst einmal die Grundlagen für die Beurteilung der Reaktionsweise schädlicher Organismen und damit für die einzuschlagende Arbeitsweise gefunden worden sind.

Es ist mir eine große Freude, sagen zu können, daß ich durch meine Untersuchungen an Prodenia littoralis unter den klimatisch äußerst günstigen Bedingungen Ägyptens in einem halben Jahr mehr für meine zukünftige Arbeit in der angedeuteten Richtung habe lernen können, als es an den in ihrer Reaktion durch klimatische und Witterungsfaktoren unklaren Insekten unserer Breiten in derselben Zeit möglich gewesen wäre. Besonders aus diesem Grunde möchte ich der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft für die Bewilligung der erforderlichen Geldmittel meinen Dank aussprechen.

Bei der Durchführung der Untersuchungen in Ägypten mußte ich mich naturgemäß nach den vorliegenden Verhältnissen richten und versuchen, diese möglichst vollständig auszuschöpfen. Deshalb habe ich die Fragen, deren Lösung unter den gegebenen Umständen wenig Aussicht auf Erfolg hatte, bewußt zurückgestellt, um sie unter günstigeren Bedingungen gesondert zu bearbeiten. Insbesondere trifft das die Frage nach der individuellen Reaktion und der Variationsbreite, über die

ja für die Eingrenzung der Reaktionskonstanten zwischen einem Mindest- und Höchstwert Klarheit herrschen muß, wenn das tatsächliche Verhalten der Insekten in der freien Natur voll verstanden werden soll. Wichtige Beobachtungen konnten auch schon jetzt in dieser Richtung gemacht werden insofern, als sich herausstellte, daß die Variationsbreite durch erlebte extreme Umweltfaktoren geändert wird. Quantitativ konnte allerdings dieser Einfluß aus technischen Gründen nicht weiter verfolgt werden. Aber die gemachten Erfahrungen geben doch die Grundlage für die einzuschlagende Untersuchungsmethode, die sich weitgehend auf die geschilderten Arbeitsergebnisse in Ägypten stützen wird. Gerade die Tatsache, daß äußere Faktoren die Variationsbreite verändern und die tatsächlichen individuellen Unterschiede in der Reaktion verdecken, fordert eine klare, quantitativ faßbare Scheidung zwischen der genotypisch und phänotypisch bedingten Reaktion.

Schluß

Die in den vorigen Kapiteln mitgeteilten Untersuchungen haben die allgemeinen Gesichtspunkte und die Methoden aufgezeigt, wie das Problem der Massenvermehrung der Insekten einer Lösung zugeführt werden kann. Wir haben gesehen, daß vor allem quantitative Arbeit notwendig ist, die uns die Kenntnis von der Wirkungsgröße der Umweltfaktoren und von den gesetzmäßigen Beziehungen der Lebenserscheinungen zu diesen Faktoren vermittelt. Nach allem, was uns das Experiment sagt, müssen wir dem gesetzmäßigen Verlauf des Absterbens allergrößte Bedeutung zuweisen. Damit wird aber die Frage nach den Ursachen für die Massenvermehrung umgebogen in die, durch welche Umstände eine Massenvermehrung durch die Natur hintangehalten wird; denn es geht klar aus den bisherigen Untersuchungen hervor, daß durch die extremen klimatischen und Witterungsfaktoren, auch wenn ihre Einwirkung nur eine kurzdauernde ist, ein bestimmter Prozentsatz der Insekten während ihrer Entwicklung abgetötet wird. Je nach ihrem Wirkungswert erfolgt das Absterben früher oder später. Was wir in der freien Natur an Insekten finden, ist immer nur ein übriggebliebener Rest, der um so kleiner ist, je stärker die Umweltfaktoren schädigend wirken, d. h. eine Massenvermehrung tritt ein, wenn diese schädigenden Faktoren in Wegfall kommen.

Da aber jedes Ereignis, das irgendwann im Laufe des individuellen Lebens, wahrscheinlich auch in dem seiner Eltern, den inneren Zu-

stand des Organismus so weit veränderte, daß er irreparabel ist, muß sich eine Nachwirkung dieses Erlebnisses in irgendeiner Form bemerkbar machen, sei es durch seinen vorzeitigen Tod, durch Änderung seiner Entwicklungs- und Lebensdauer, durch seine Unfähigkeit zur Begattung oder die Verkürzung der Zeit, in der sie stattfinden kann, durch eine verringerte Eizahl oder durch eine veränderte Giftanfälligkeit oder Reaktionsfähigkeit erneut auftretenden Witterungsschäden gegenüber. Bei vorhandener Massenvermehrung werden solche Erlebnisse (Nahrungsmangel, Ausscheidung von Stoffwechselprodukten, die Unmöglichkeit, den Witterungsfaktoren, wie Regen, starker Sonnenbestrahlung usw. durch Aufsuchen geschützter Stellen auszuweichen und dergleichen mehr) sich häufen, so daß im Grunde die Frage nach den Ursachen der Massenvermehrung und ihres natürlichen Zusammenbruchs gleichartig ist.

In den Vordergrund müssen wir die Reaktionsfähigkeit der verschiedenen Organismen auf die Umweltfaktoren stellen, denn ihre Wirkungsgröße wird bei den verschiedenen Schadinsekten und bei den Nutzformen (Schlupfwespen, Tachinenfliegen) und den Krankheitserregern unterschiedlich sein, so daß die eine Form durch ein Ereignis, wenn es alle Organismen derselben Gegend gleichmäßig trifft, stärker geschädigt wird als die andere. Diese Reaktionsfähigkeit herauszufinden, ist die große Aufgabe der angewandten Entomologie, denn ihre Kenntnis ermöglicht eine für die Rentabilität von Bekämpfungsmaßnahmen wirtschaftlich ungemein wichtige Aussage darüber, wie stark die Einwirkung der äußeren Faktoren sein muß, daß infolge der Dezimierung der Schädlinge mit einer Massenvermehrung nicht gerechnet zu werden braucht.

Dadurch aber, daß wir den zeitlichen Verlauf des Absterbens, die Lebensdauer und den Endzustand der Entwicklung in den Vordergrund der Beobachtung stellen, wird auch ein anderes Problem angeschnitten, das mit der Massenvermehrung im engsten Zusammenhang steht, nämlich das der Gewöhnung. Diese Frage spielt weiter bei der Verschleppung und Einwanderung schädlicher Insekten in Gegenden mit anderen klimatischen Bedingungen und dann auch für die Verbreitung der einzelnen Arten in den Klimabezirken der Erde, also rein tiergeographisch eine sehr bedeutende Rolle. Aus Abb. 8 haben wir ersehen, daß der Prozentsatz der überlebenden Tiere um so geringer wird, je länger wir die Beobachtungszeit ausdehnen, und zwar unverhältnismäßig viel geringer, je ausgeprägter der S-förmige Bogen der

Kurve verläuft, dessen Charakter dann durch die betreffende Temperatur ursächlich gegeben ist. Es sterben also in der Zeiteinheit im mittleren Teil der S-Kurve verhältnismäßig sehr viel mehr Tiere als im letzten flacher verlaufenden Teil. Es wäre sicherlich unrichtig, wollte man diese langsamere Reaktion als eine Gewöhnung an die betreffende Temperatur bezeichnen, denn die kolloidale Zustandsänderung, auf die ja, wie wir gesehen haben, die Reaktion des Organismus zurückzuführen ist, muß bei einem gleichartigen Ausgangsmaterial auch wesensgleich sein, also denselben Effekt hervorrufen. Viel wahrscheinlicher ist, wie meine mannigfachen Erfahrungen im Umgang mit den Insekten im Experiment lehren, daß das Ausgangsmaterial in seinem Zustand von vornherein ungleichartig ist. Durch die schädigenden Einflüsse der Umwelt wird dann je nach der Wirkungsgröße ihrer Faktoren ein bestimmter Prozentsatz der Nachkommenschaft ausfallen. Da aber die S-Kurven die 100%-Linie in Abb. 8 in ihrem letzten Abschnitt außerordentlich langsam erreichen, auch bei den schon stark schädigenden Temperaturen, so werden immer einige Tiere überleben können, die den Bestand der Art sichern, auch wenn sie nur wenige Eier ablegen.

Gewöhnung oder Anpassung ist also bei den hier zur Rede stehenden Fragen in der Hauptsache ein Überleben letzter Individuen, deren Zahl ganz von der Wirkungsgröße der Umweltfaktoren abhängig ist[1]). Es ist für die Fragen der angewandten Entomologie (Massenvermehrung, Einschleppung und Verbreitung von Schad- und Nutzformen) und der Tiergeographie (Verbreitung der Insektenarten überhaupt) von grundsätzlicher Bedeutung, daß die Absterbegeschwindigkeit in dem optimalen Bezirk der Temperaturskala so eigenartig pendelt, wie es in Abb. 8 zum Ausdruck kommt. So ist die Frage der Massenvermehrung der Insekten aufs engste mit tiergeographischen Problemen verknüpft, deren letzte Lösung für beide Teildisziplinen in der genauen Kenntnis von der Reaktionsweise der Insekten auf klimatische Faktoren liegt.

---

[1]) Ob und wie weit diese geringere Reaktionsfähigkeit der letzten Tiere vererbt wird, ist eine noch ungeklärte Frage.

Manuskript eingegangen: November 1927, Kap. IV Januar 1929 eingefügt.

506

N91D
V.9

آخری درج شدہ تاریخ پر یہ کتاب مستعار
لی گئی تھی مقررہ مدت سے زیادہ رکھنے کی
صورت میں ایک آنہ یومیہ دیرانہ لیا جائے گا۔

15113

Deutsche Forschung

Aus der Arbeit der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft (Deutsche Forschungsgemeinschaft)

(Fortsetzung)

Geophysik und Aerologie. (91 S. 8° mit 16 Abb. im Text und 4 auf Tafeln. Preis 3,— RM.) — Heft 4

Von Anbeginn ihrer Tätigkeit an hat sich die Notgemeinschaft auch Problemen der Geophysik und der atmosphärischen Physik zugewandt, die für den Aufbau der Erdrinde und ihrer Schätze wie für die sie umgebende atmosphärische Hülle und damit für die Bedingungen des gesamten organischen Lebens und der Beziehung zum Weltraum unendliche Werte bergen. Das vorliegende Heft gibt näheren Einblick in Aufgaben, die bereits begonnen sind, sowie solche, deren Lösung erstrebt werden muß.

Aus dem Inhalt: E. Wiechert, Göttingen: Untersuchungen über die Beschaffenheit der Erdrinde und der Lufthülle — H. Hergesell, Lindenberg: Geophysikalische Untersuchungen in der freien Atmosphäre — H. Hergesell, Lindenberg: Die Erforschung der Schallausbreitung in der Atmosphäre als geophysikalisches Problem und aerologisches Hilfsmittel — F. Ritter, Berlin: Arbeiten über die bei Explosionen entstehende Luftstoßwelle — W. Schmidt, Wien: Die Ziele der Turbulenzforschung in freier Luft — P. Duckert, Lindenberg: Arbeiten zur Kenntnis des Strömungssystems und der Turbulenz in der freien Atmosphäre — A. Schmauß, München: Aerologische Forschungen der Bayerischen Landeswetterwarte mit Unterstützung der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft — R. Süring, Potsdam: Die Sonnenfinsternisexpedition 1927 des Potsdamer Meteorologischen Instituts — F. Linke, Frankfurt (Main): Kurzer Bericht über die Strahlungs- und Sonnenfinsternisexpedition des Universitätsinstituts für Meteorologie und Geophysik in Frankfurt (Main) nach Finnmarken (Nordnorwegen) im Juni 1927 — P. Duckert, Lindenberg: Die atmosphärischen Beeinflussungen der elektromagnetischen Wellenausbreitung — P. Duckert, Lindenberg: Der Ozongehalt in der freien Atmosphäre über Lindenberg und einige Relationen zu geophysikalischen Elementen.

Völkerzusammenhänge und Ausgrabungen. (133 S. 8° mit 2 Abb. im Text und 1 auf Tafel. Preis 4,40 RM.) — Heft 5

Dieses Heft gewährt einen Einblick in die kulturgeschichtlichen Aufgaben, die Forschungsarbeiten und Ausgrabungen auf dem Boden des Auslands, welche di- deutsche Wissenschaft mit Hilfe der Notgemeinschaft in den letzten Jahren b- Angriff nehmen und ausführen können. Es handelt sich vor allem u- führung vor dem Kriege begonnener Arbeiten und um Erschließung - beziehungen, die für die Geschichte der Menschheit bedeutungsv-

Aus dem Inhalt: Ed. Meyer, Berlin: Zur Einführung — Th. Wiegan- und topographische Altertumsforschung — E. Herzfeld, Berlin: Völker- im Alten Orient — E. Waldschmidt, Berlin: Religiöse Strömungen i- Berlin: Das Christentum und die tibetische Bon-Religion — O. - ziehungen zwischen Europa und Ostasien nach den Ergebniss- K. Meinhof, Hamburg: Die Erforschung schriftloser Spra-

Deutsche Volkskunde. (150 S. 8° mit -

Angesichts der Bedeutung, welche d- tümlichen Eigenheiten für das - Verständnis seiner Aufgab- volkskundliche Reichtum - heit des modernen - einer umfassende- Kulturgutes. - Volkskun- so di- I-

-of- -vereine

Prof. ... -gen Volks- kundeforschu... -er, Münster: